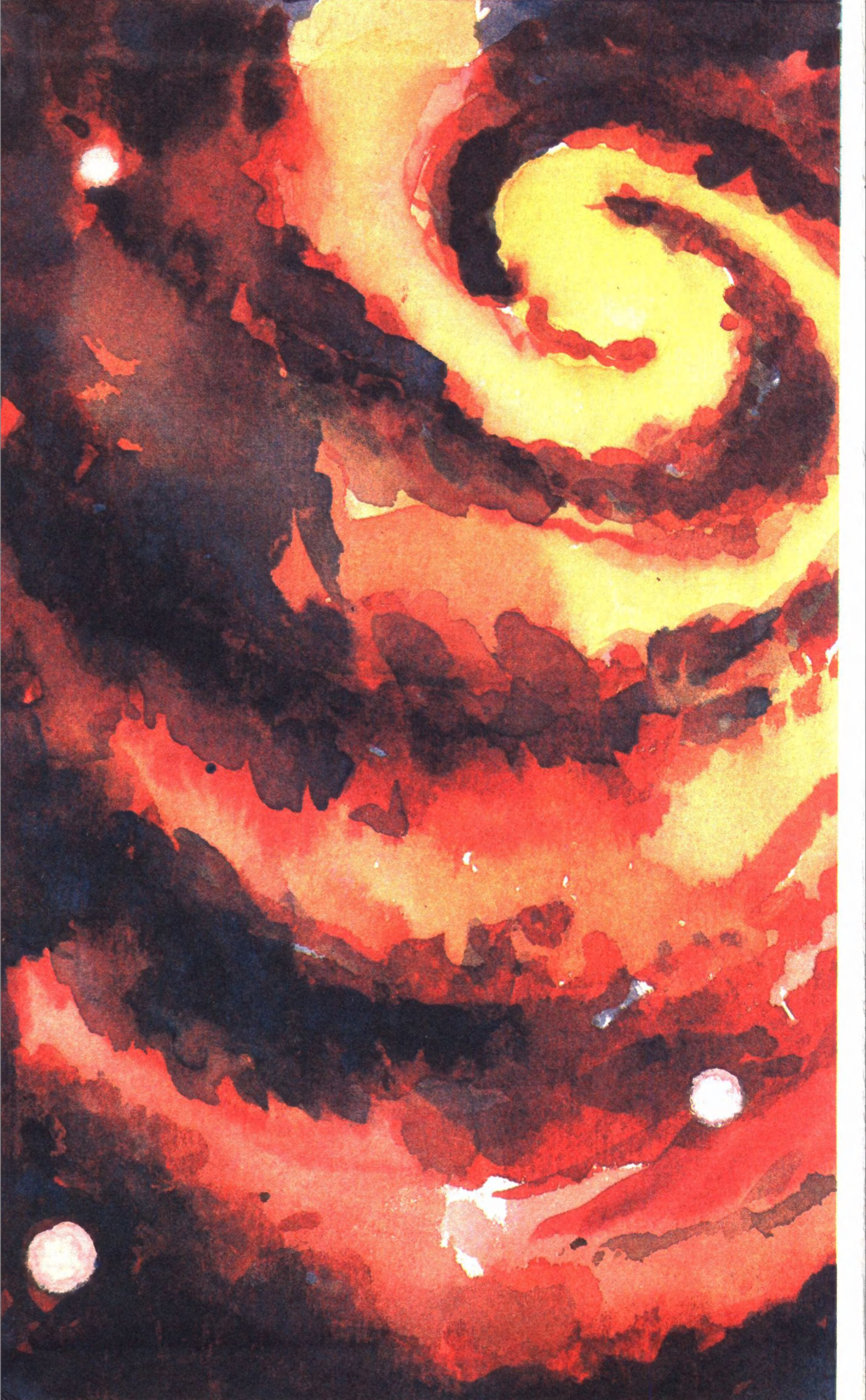
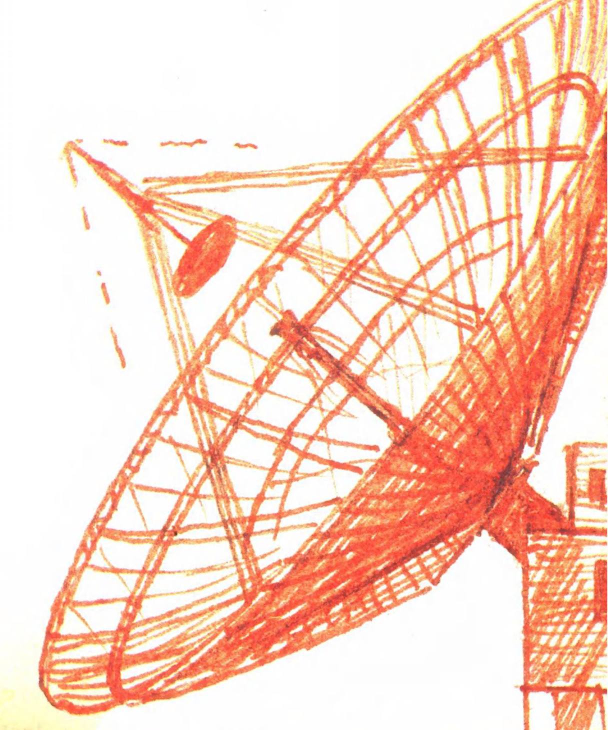
И. Бестужев-Лада



У истоков мироздания

Д





И. Бестужев-Лада

У ИСТОКОВ МИРОЗДАНИЯ

От Большого Взрыва
и до той поры,
когда на Земле появился
Человек Разумный

Москва
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
1987

20 > 48
Б53

Оформление
Л. Зусмана и И. Суворовой

Научно-художественная литература

Рецензенты:

доктор физико-математических наук
В. С. Стрельницкий
доктор геолого-минералогических наук
С. А. Ушаков
доктор исторических наук
Т. И. Алексеева

Бестужев-Лада И. В.

Б 53 У истоков мироздания: Научно-худож. лит-ра/ Оформление Л. Зусмана и И. Суворовой.— М.: Дет. лит., 1987.—192 с., ил.

В пер: 60 к.

В книге рассказывается об основных «механизмах» мироздания — атомном, космическом, геологическом, биологическом,— действие которых привело к появлению Галактики, Солнечной системы, Земли, ее растительного и животного мира и, наконец, человека, как это представляется по последним данным современной науки.

Б $\frac{4802000000-409}{М101(03)87}$ 021—87 ББК 20
5

© ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА», 1987 г.

От автора

Эта книга о предыстории нашего мира: от зарождения элементарных частиц в пекле Большого Взрыва и до эпохи, когда материя осознала себя, когда появился Человек Разумный. Перед читателем раскрывается в общих чертах история мироздания. По сути, рассматривается вопрос, почему мир вокруг нас таков, каким мы его знаем.

А знаем мы со школьной скамьи, что живем во Вселенной, понимая под этим весь существующий материальный мир, безграничный во времени и пространстве, бесконечно разнообразный по формам.

Знаем мы также, что известная нам Вселенная — это лишь часть материального мира, та его часть, которая доступна астрономическим исследованиям.

Мы знаем, что материя — это вся окружающая нас объективная реальность, которая познается нашими ощущениями, существуя независимо от них. Материя несотворима и неуничтожима, вечна и бесконечна. Ей присущи саморазвитие, превращение одних состояний в другие.

Всеобщие формы бытия материи — ее движение в пространстве и времени и самое это понятие «движение» включают в себя все превращения материи. Пространство характеризует состав и протяженность материальных систем; время — форма последовательной смены явлений и состояний материи — характеризует длительность их

бытия. Пространство и время имеют объективный, независимый от нашего сознания, характер. Они бесконечны, неотделимы от материи, неразрывно связаны с ее движением и друг с другом.

Мироздание наше очень сложно. Материя вездесуща — пустоты в природе нет: даже межзвездное космическое пространство, как мы увидим, заполнено частицами материи.

Нам повезло с нашей Галактикой — Млечным Путем: она не взрывается подобно иным звездным ассоциациям.

Нам повезло с Солнцем — это спокойная, почти не пульсирующая звезда, а ведь есть звезды-убийцы, опасные для планет.

Нам повезло и с нашей родной планетой: ни на одной из ее сестер, вращающихся вокруг Солнца, нет условий для появления высокоорганизованной жизни.

Все живое шло чередой непрерывных изменений. Возникали одни виды животных, их сменяли другие. И все это происходило в определенных условиях эволюции земного шара. В определенных условиях возникли и мы, люди. Каковы эти условия? Как они изменились по сравнению с прошлым? В каком направлении они меняются?

Впереди у человечества миллиарды лет жизни, перед которыми те тысячелетия, которые отделяют его от наших пещерных предков, из рода гомо сапиенс, выглядят как дни перед веками. Нам нужно хорошо знать историю своей планеты, чтобы увереннее решать проблемы сегодняшнего дня и увереннее заглядывать в день завтрашний.

ЧАСТЬ I



Глава 1. ЗАГАДКИ ВСЕЛЕННОЙ

ВОПРОСЫ, ВОПРОСЫ, ВОПРОСЫ...

Прочитав заглавие «У истоков мироздания», любознательный читатель, наверное, прежде всего поинтересуется: а каким образом можно получить сведения об этих самых истоках, как заглянуть в глубины мироздания, деталями которого являются наше Солнце, наша Земля и люди на ней? С помощью каких инструментов может современный человек разгадывать загадки Вселенной, которая существовала задолго до появления Солнечной системы? Вот почему, прежде чем говорить об основах мироздания, целесообразно сначала познакомиться с тем, какими способами люди научились исследовать предысторию Земли.

Земля, как известно,— космическое тело. Оно подчиняется всем законам Космоса[1]. Изучая звездное небо — звезды, планеты, межзвездные пространства, мы тем самым вплотную подходим к вопросам возникновения и развития Солнечной системы в целом и нашей Земли в частности. За последние десятилетия астрономия как

[1] Космос — в данном случае то же, что и Вселенная.

наука поднялась на качественно новую ступень своего развития. Поэтому мы начинаем наш разговор с «новостей» в работе астрономов.

РЕВОЛЮЦИЯ В АСТРОНОМИИ

Раскрываем очередной номер газеты и читаем очередное, самое обычное сообщение, которое всего несколько десятилетий назад показалось бы фантастическим: «Центр дальней космической связи. 4 марта 1986 года. Сегодня в 9 часов 10 минут по московскому времени, когда советская межпланетная станция «Вега-1» находилась на расстоянии 171 миллиона километров от Земли и 14 миллионов километров от кометы Галлея, начались первые исследования этого небесного тела. По командам из Центра дальней космической связи были включены научные приборы станции, а ее следящая платформа произвела поиск кометы и наведение на нее телевизионной системы. С помощью установленных на платформе телевизионных камер в течение полутора часов выполнялась съемка кометы через различные светофильтры. В ходе сеанса получено несколько десятков изображений кометы высокого качества. Время прохождения телевизионного сигнала от космического аппарата до Земли составляло девять с половиной минут...»

И это — только первые данные, за которыми должны последовать еще более важные.

В чем поразительная новизна этого сообщения?

Не в том, что автоматическая межпланетная станция бороздит просторы Космоса в миллионах километров от родной планеты. К этому мы уже привыкли. И не в том, что принимаем на телеэкраны Земли изображения объектов, расположенных в миллионах километров от нашей планеты. К этому мы тоже привыкли. А в том, что наблюдаем небесное тело не с поверхности Земли, как делали это тысячелетиями, а из Космоса — за пределами земной атмосферы, очень затрудняющей такие наблюдения. Образно говоря, до недавних пор мы словно пытались разглядеть, что делается на земной поверхности, со дна морского через многокилометровую толщу воды. А теперь выбрались на поверхность моря и озираемся вокруг. Конечно, воздух — не вода. Но и он значительно искажает

картину, «обедняет» ее. Особенно если полагаться только на зрение. А когда воздух — далеко внизу и в наблюдение включены мощные инструменты современной науки, ясно, что результаты получаются совсем иные, чем у наблюдателя на земной поверхности, даже сидящего за самым большим телескопом.

Многие наиболее ценные новые данные астрономы получают ныне с помощью полностью автоматизированных наблюдательных систем, установленных на искусственных спутниках Земли и на межпланетных автоматических станциях. Систем, с помощью которых можно не только «осматривать» и «прослушивать» Космос, но и «брать анализы» различных космических явлений. Совсем как при медицинских исследованиях в современной поликлинике. И это означает подлинную революцию в современной астрономии. Такой вывод делает на страницах журнала «Вопросы философии» специалист в области философских проблем естествознания В. В. Казютинский[1].

Действительно, вынос научной аппаратуры за пределы земной атмосферы, да еще работающей, по терминологии ученых, во «всеволновом излучении» (нам еще предстоит говорить об этом в своем месте), породил лавину новых открытий в окружающем нашу Землю мире. В соответствии с усилением научного инструментария астрономов на земной поверхности, а также с развитием теории на основе обобщения и осмысления материала наблюдений количество открытий с каждым годом — даже можно сказать, с каждым днем — возрастает.

А началась революция в астрономии совсем недавно. Даже ее непосредственная предыстория укладывается всего в три-четыре последних десятилетия. Веками человек наблюдал звездное небо только с помощью зрительных приборов. И вот в один прекрасный день астрономическая наука обогатилась открытием, которое значительно расширило ее возможности.

«ВТОРОЕ ОКНО» В КОСМОС

Если нашу Землю сравнить с космическим кораблем, летящим сквозь бездны Вселенной, то атмосфера пред-

---

[1] Казютинский В. В. Философские проблемы астрономии.— «Вопросы философии», 1986, № 2, с. 49—51.

ставляется «обшивкой» корабля, оберегающей его обитателей от опасных для всего живого космических лучей. И оболочка эта отнюдь не так прозрачна, как может показаться на первый взгляд: среди электромагнитных космических излучений с волнами разной длины особое значение для землян имеют два диапазона. Первый — оптический, то есть видимый свет, с длиной волны от 380 (фиолетовый свет) до 760 (красный свет) нанометров[1]. Это и есть то «оптическое окно», узкий иллюминатор, через которое человечество испокон веков наблюдает Вселенную. А второй диапазон — длинноволновое излучение, от 1 сантиметра до 30 метров. (Более короткие и более длинные волны поглощает атмосфера.) Эти волны относятся к радиодиапазону. Они-то как раз и представляют собой «второе окно» в Космос, для ученых не менее важное, чем первое.

Радиоастрономия, как и многие другие науки, началась с открытия — неожиданного и вместе с тем... предсказанного. После того как в 60-х годах прошлого столетия Дж. Максвелл теоретически, Г. Герц (в конце 80-х годов) экспериментально доказали существование радиоволн, Т. А. Эдисон уже в 1890 году предложил «слушать» Солнце в радиодиапазоне. Предполагалось, что все, что светится, должно также излучать и радиоволны. И в самом деле, как было определено уже в XX веке, Солнце, звезды, планеты — все это естественные «радиостанции». Разумеется, разной мощности и различного диапазона частот.

7 мая 1895 года на заседании физического отделения Русского физико-химического общества инженер А. С. Попов сделал научный доклад об изобретении им системы «связи без проводов» и продемонстрировал ее работу (напомним, что в честь этого события с 1945 года день 7 мая ежегодно отмечается в Советском Союзе как День радио). Спустя два года итальянец Г. Маркони получил патент на аналогичное изобретение и организовал крупное акционерное общество для развития «радиотелеграфии». Радио начало свое триумфальное шествие по планете.

Однако и сорок лет спустя после предложения Эдисона небо для человечества оставалось безмолвным. Радиотехника делала первые шаги, и в руках ученых не было еще

[1] Нанометр — одна миллиардная метра.

приемников, способных уловить радиоизлучение небесных тел.

Лишь в 1931 году американский инженер К. Янский совершенно случайно обнаружил радиоизлучение Млечного Пути на волне 14,6 м. Несколько лет открытие Янского оставалось без применения. И только с 1940 года радиометодам изучения Вселенной ученые стали уделять особое внимание.

Но вот в один из февральских дней 1942 года радары британской береговой обороны были «оглушены» каким-то очень мощным сигналом. В английском штабе это вызвало настоящую панику. Фашисты уже пытались ранее под прикрытием аналогичной «шумовой завесы» совершать налеты на Соединенное Королевство. Однако английские самолеты, поднятые по тревоге, не обнаружили противника. Небо было чисто.

К счастью, нашелся один человек, штатский, астроном Д.-С. Хей, который не растерялся и позвонил в Гринвичскую обсерваторию, где узнал о необыкновенной активности Солнца в эти дни. Таким образом, стало ясно, что «шумовая завеса», которую уловили радары, есть не что иное, как повышенное радиоизлучение Солнца.

Статья Хея об этом необыкновенном происшествии стала известна астрономам уже после войны. Вскоре венгерские и американские ученые провели первые успешные радиолокации Луны, а их английские коллеги занялись изучением метеоритов. Однако возможности радаров были ограниченны. Молодая радиоастрономия смогла развиваться только на совершенно новой технической базе.

В 1945 году английский астроном Б. Ловелл начал строить радиотелескоп с диаметром приемной антенны 76 метров, самый большой по тем временам, надеясь с его помощью (надежда оправдалась) обнаружить очень слабые источники радиоизлучений и определить их место в пространстве.

Детище Ловелла — это гигантская зеркальная чаша параболоидной антенны[1], она собирает радиолучи и направляет их в фокус, где установлены чувствительные

---

[1] Зеркальная антенна основана на использовании явления отражения электромагнитной волны от металлических поверхностей (зеркал). Установлено, что лучшая форма для зеркальной антенны радиотелескопа — параболоидная.

приемники. Чаша опирается на две башни высотой 54 метра каждая. Несмотря на вес, равный почти 800 тоннам, антенна эта подвижная, поворотная и может следить за источником излучения по мере его движения на небосклоне.

Для своего времени этот радиотелескоп был шедевром инженерного искусства. Однако для волн короче 21 см он не годился.

С тех пор радиоастрономия шагнула далеко вперед.

В настоящее время человечество располагает самыми разными радиотелескопами с разными диаметрами антенн, работающих в различных диапазонах.

Среди астрономов все больше утверждается мнение, что поворотные параболоидные радиотелескопы уже подошли к своему пределу. В этом убеждает печальный опыт американцев: истратив около 60 тысяч долларов на проектирование и изготовление 180-метровой «радиочаши», они, во избежание новых, еще больших затрат и технических трудностей, решили от ее сооружения отказаться.

И все-таки идея гигантского радиотелескопа продолжает привлекать ученых. Чтобы преодолеть связанные с его эксплуатацией трудности, был выдвинут проект неподвижной земляной чаши. Воплощением этого проекта стало радиосооружение в Аресибо (Пуэрто-Рико): дно естественного кратера диаметром 300 метров выстелили металлической сеткой. В фокусе этого зеркала на высоте 135 метров на трех стальных мачтах укреплена гондола (вес ее 525 тонн). Здесь расположен прибор — облучатель,— который принимает космические излучения, отраженные от дна чаши.

У этого гигантского инструмента есть как большие преимущества, так и неустранимые недостатки. Огромная площадь зеркала (7,4 га) позволяет наблюдать очень слабые радиоисточники; свойство отражающей поверхности дает возможность работать на коротких, вплоть до нескольких сантиметров, волнах, где влияние космических шумов невелико. Однако «поле зрения» радиотелескопа ограничено, так как прибор неподвижен. Надо ждать, пока объект, двигаясь по небу, «отразится» в зеркале (хотя если смещать облучатель, то радиотелескоп может короткое время удерживать объект в своем фокусе). Но дело в том, что зафиксировать в определенном положении мно-

готонный облучатель, висящий на тросах, крайне трудно. Поэтому вести исследования на волнах короче 6 см не удается.

Чтобы избавиться от этих помех, земляные чаши радиотелескопов делают небольшими и, так сказать, специализированными. Например, диаметр установки такого типа в Бюраканской астрофизической обсерватории АН Армянской ССР на горе Арагац — всего 5 метров, но зато она работает в миллиметровом диапазоне. Обсерватория располагает также двумя радиоинтерферометрами — специальными установками для «прослушивания» дискретных (малых) галактических и даже внегалактических радиоисточников.

В радиоастрономической обсерватории физического института Академии наук СССР под Серпуховом работает телескоп, предназначенный для исследований внегалактических объектов. Здесь также имеется многоэлементная решетка метрового диапазона для исследования пульсаров — пульсирующих источников радиоизлучения, открытых в 1976 году.

Крупнейшим радиотелескопом декаметрового диапазона оснащена обсерватория Института радиофизики и электроники Академии наук Украины. Его «специальность» — сверхновые звезды, межзвездная среда, другие галактические и внегалактические объекты.

На нужды планетной радиоастрономии в рамках нашей Солнечной системы ориентирован 25-метровый радиотелескоп для волн миллиметрового диапазона. Он принадлежит обсерватории радиофизического института в Горьком.

130-метровый радиотелескоп специальной формы для волн дециметрового диапазона установлен в Пулковской обсерватории. Здесь объектами исследования являются звездные миры нашей Галактики.

Имеются и огромные установки: крестообразный километровый радиотелескоп метрового диапазона в упоминавшейся выше Серпуховской обсерватории и 600-метровый кольцеобразный радиотелескоп сантиметрового диапазона Специальной астрофизической обсерватории Академии наук СССР на Северном Кавказе.

У всех существующих радиотелескопов с параболоидными антеннами есть один существенный порок, связанный с ограничениями их размеров — низкая разреша-

ющая способность[1]: близко расположенные на небесном своде объекты они «видят» (точнее, «слышат») не каждый отдельно, а как общий источник радиоволн. В этом смысле они значительно уступают своим оптическим собратьям. Так, 300-метровый гигант из Аресибо не в состоянии по отдельности «слышать» две звездочки, которые отлично видны порознь даже через обычный бинокль, не говоря уже о гигантских пятиметровых или шестиметровых оптических телескопах.

Однако, сводя радиотелескопы в определенные системы, можно и повысить точность наблюдений во много раз, иначе говоря, «услышать» на небе гораздо больше, чем увидеть в самый мощный оптический телескоп, используя явление интерференции волн. Суть этого явления сводится к тому, что взаимодействие в пространстве двух или нескольких волн приводит к периодическим усилениям и ослаблениям амплитуды результирующей волны. Это явление характерно для всяких волн, независимо от их природы — волн на водной поверхности, звуковых, световых, а также радиоволн. Интерференция волн позволила создать уже упоминавшийся нами интерферометр, что явилось значительным шагом вперед в развитии радиоастрономии.

Идеи создания радиоинтерферометра были высказаны еще в 20-х годах советскими учеными Л. И. Мандельштамом и Н. Д. Папалекси. Позже эти идеи детально разработали сотрудники Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга при МГУ — советские радиоастрономы И. С. Шкловский, Л. И. Матвеенко, Г. С. Шоломицкий и др.

В процессе развития радиоастрономии были сконструированы радиотелескопы, обладающие большой разрешающей способностью. Обычно такие радиотелескопы имеют крестообразную, Т-образную или кольцевую форму, что дает возможность лучше определить местоположение космического объекта. Радиотелескопы подобного типа имеются не только в Советском Союзе, но и в Великобритании, Нидерландах, Австралии, США и в других странах.

Гигантский радиотелескоп, например, построен в Манчестере. Расстояние между антеннами, связанными элект-

[1] Разрешающая способность наблюдательных приборов — их способность давать раздельные изображения двух близких точек наблюдаемого объекта.

рокабелем,— 130 км. А разрешающая способность на волне 6 см — 0,1 угловой секунды. Такого показателя оптические телескопы могут достичь только за пределами земной атмосферы.

В конце 60-х годов был проведен уникальный эксперимент — по единой программе начали работать радиообсерватории СССР, США, многих других стран мира. Чтобы согласовать по времени наблюдения на двух столь далеких радиотелескопах, было решено обменяться точнейшими, атомными часами. Сигналы с телескопов были суммированы с помощью ЭВМ. Так был реализован радиоинтерферометр с независимым приемом сигналов на антеннах.

Эксперимент прошел успешно. По сути, действовал радиоинтерферометр величиной с земной шар: «плечи» его были расположены на разных континентах — у нас в Симеизе и в Голдстоуне (США). Это позволило достичь на волне 1,35 см довольно большой разрешающей способности — менее одной тысячной угловой секунды! Сейчас наблюдения с такими «глобальными» радиоинтерферометрами — обычное дело.

На очереди — создание космического радиоинтерферометра, когда одна приемная антенна будет находиться на Земле, а другая на космическом аппарате. Таким образом, базу радиоинтерферометра можно увеличивать неограниченно — и соответственно повышать его разрешающую способность.

Напомним, что первый космический радиотелескоп уже успешно работал на орбитальной станции «Салют-6». В СССР разработан проект еще более совершенного космического радиотелескопа.

ВСЕВОЛНОВАЯ АСТРОНОМИЯ

Радиоастрономия оказалась не последней ступенью в развитии астрономической науки. Из школьной физики мы знаем, что электромагнитные излучения, в зависимости от длины волны, обладают существенно различными свойствами. Радиоволны представляют собой самые длинноволновые излучения. Но существуют волны и более короткие, к ним относится невидимый для человеческого глаза инфракрасный диапазон. Волны еще короче — и

начинается видимый свет: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Еще короче — открывается диапазон снова невидимого для глаза ультрафиолетового излучения (какую-то часть его «ловят» своей кожей загорающие на солнышке, но значительную часть этих волн земная атмосфера не пропускает). За ультрафиолетом следуют диапазоны рентгеновского излучения (с ним мы сталкиваемся при медицинских обследованиях) и, наконец, волны гамма-излучения.

Видимые электромагнитные излучения изучаются с помощью оптических телескопов, радиоволны — с помощью радиотелескопов. А как же инфракрасный и ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-диапазоны?

С появлением космических аппаратов, на которых поставлены специальные приборы, регистрирующие электромагнитные волны всех диапазонов, астрономия становится всеволновой.

Около половины солнечного излучения приходится на инфракрасную область. Насколько же расширяются знания о нашем дневном светиле, когда мы получаем возможность приоткрыть инфракрасный «занавес»!

Исследования в инфракрасном диапазоне позволили получить ценнейшую научную информацию об атмосферах планет Солнечной системы, об особенностях лунной поверхности, о пылевых туманностях и других космических объектах. Именно в этом диапазоне астрономы обнаружили «кольцо» пылевидного вещества вокруг Веги — одной из самых близких к нам звезд.

То же самое относится к излучению в ультрафиолетовом диапазоне. Здесь тоже можно ожидать самых сенсационных открытий.

Исследования излучений в рентгеновском диапазоне сулят большой прогресс в области знаний о солнечной короне — горячей разреженной внешней оболочке нашего светила, от «поведения» которой во многом зависит жизнь на Земле. Значительно расширяются также знания о газовых коронах вокруг нашей Галактики и соседних галактик, о разреженном межгалактическом газе, заполняющем пространство между галактиками в их скоплениях. Наверняка будет получена дополнительная ценная научная информация о таких интереснейших космических объектах, как нейтронные звезды и квазары (мы обратимся к ним ниже). Главное же, рентгеновская астроно-

мия позволила приступить к исследованию космического вещества, находящегося в экстремальных условиях. (Например, таких объектов, как «черные дыры» — с ними нам тоже предстоит познакомиться ниже.) До ее появления такие исследования были попросту невозможны.

По достигнутым результатам и количеству полученной научной информации, считают ученые, рентгеновская астрономия в настоящее время вполне может быть приравнена к оптической и радиоастрономии.

Важные данные о физических процессах в Космосе были получены в последние годы и благодаря развитию гамма-астрономии. Особенно большие надежды на нее возлагаются по части изучения ядра нашей Галактики, которое до сих пор в значительной мере остается «белым пятном» на космической карте нашего мироздания.

Астрономические исследования ведутся не только на основе электромагнитных излучений — носителей космической информации. «Вестниками» этих процессов и явлений могут служить также, скажем, потоки частиц. И вот уже делают первые шаги «нейтринная астрономия», «гравитационная астрономия»...

Таким образом, современная астрономия дала и дает огромный материал для решения вопросов о путях эволюции звезд, вещества в галактиках и во Вселенной в целом. Научные инструменты астрономов позволили человечеству заглянуть в детство Вселенной и дотянуться до самых далеких ее рубежей.

Какими же рисуются основы мироздания в свете современной науки о Вселенной?

Глава 2. МИКРОМИР

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ В МИРОЗДАНИИ

По современным научным представлениям, окружающий нас мир — одно из возможных состояний вечного круговорота материи. Он состоит из трех взаимосвязанных миров: макромира планеты, на которой обитает человек; мегамира Космоса, Вселенной; микромира атома и субатомных (элементарных) частиц, составляющих человека,

планету и всю Вселенную. Человек многого еще не знает даже о привычном ему макромире. А об остальных двух мирах знает вообще сравнительно мало. Их исследование, по существу, только разворачивается. Но и то, что уже известно, позволяет прийти к некоторым выводам.

Во-первых, основополагающий в мироздании — микромир. Именно из его «кирпичиков» складывается Вселенная, в том числе Солнце и Земля. Во-вторых, все три мира развиваются по определенным общим законам и образуют неразрывное единство. В-третьих, каждый из них имеет особенности, присущие только ему частные законы развития. Приступая к изучению удивительного мира атома или Космоса, человек сопоставляет их со своим собственным макромиром. Но сопоставления остаются лишь условными схемами — иллюстрациями, помогающими понять непонятное с помощью примеров из не менее удивительного, но более обжитого мира. Нужно помнить, что микро- и мегамир — тоже каждый по-своему «свой собственный», причем там многое происходит иначе, чем в знакомом нам макромире, а многое встречается только в масштабах атома или Космоса.

Отсюда еще один вывод. Невозможно понять историю макромира, не зная особенностей развития мегамира и его основы — микромира. Поэтому начнем с мира атомов и элементарных частиц.

МИКРОВСЕЛЕННАЯ

Чтобы яснее понять «странности» микромира, здесь придется коротко напомнить о том, что читатель, без сомнения, уже знает. О том, что он изучал на уроках физики в школе, читал в научно-популярной литературе, видел в учебных кинофильмах и телефильмах. Важно, чтобы, вспоминая пройденное в школе, читатель сводил эти знания в систему, без которой наша экскурсия в микромир вряд ли окажется успешной.

Итак, если посмотреть под микроскопом на мельчайшую, едва заметную на глаз, частичку тела животного или ветки растения, то видно, что она состоит из еще меньших частичек — клеток органической (живой или бывшей живой) материи. Каждая клетка — сложный организм: существуют одноклеточные растения и животные. В свою очередь клетка состоит из молекул, а те представляют

собой соединения атомов — микрочастичек, обладающих свойствами простых (элементарных) веществ. Есть молекулы несложные. Например, молекула воды: два атома водорода, связанные воедино с атомом кислорода. Есть молекулы очень сложные, состоящие из сотен тысяч атомов разных веществ (например, молекулы белков).

Молекулы состоят из наперечет известных видов атомов. Разновидностей атомов на Земле не так уж много, в чем не трудно убедиться, взглянув на таблицу Периодической системы Д. И. Менделеева. Бесчисленные сочетания этих атомов образуют неорганический и органический мир нашей планеты.

Атом невообразимо мал. И все же каждый атом — не только простейшая частичка простейшего вещества, а целая «микровселенная». Как отмечается в «Философских тетрадях» В. И. Ленина, «...атом неизмерим, бесконечен... Атом неисчерпаем»[1].

Атом состоит из ядра и электронной оболочки. Атом водорода, самый легкий и простой, имеет один электрон, атом гелия — два, и т. д. Самые тяжелые и сложные атомы имеют многие десятки электронов, располагающихся в строгом порядке по нескольким слоям оболочки. Ядро несоизмеримо меньше оболочки. Соотношение примерно такое же, как, скажем, между кораблем и морем. Тем не менее в ядре сосредоточена почти вся масса атома. Оно столь же несоизмеримо тяжелее электрона. Сразу же приходит на ум сопоставление с Солнечной системой: ядро — Солнце, электроны — планеты. Но подождем с сопоставлениями. Это — разные миры.

Ядро состоит... И тут уже начинаются странности. Вообще-то по массе ядро «состоит» главным образом из частиц двух типов — протона и нейтрона. Но, во-первых, их можно рассматривать и как две разные частицы, и как две разновидности одной и той же частицы. Во-вторых, из этих частиц ядро «состоит», только пока его не трогают. Любое внешнее воздействие на ядро, любая попытка «копнуть» его приводит к тому, что невесть откуда (только для нас, разумеется, невесть) появляются новые элементарные частицы (или, если угодно, новые разновидности элементарных частиц) — например, мезоны и многие другие с разной массой и по-разному связанные между собой.

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29, с. 442.

Одни связаны накрепко. Другие послабее и при известных условиях распадаются. Третьи очень слабо. Они легко испускаются одним ядром и поглощаются другим.

В микромире — а следовательно, также в мегамире и макромире — происходит непрерывный обмен элементарными частицами. Известная нам Вселенная содержит мириады таких частиц, стремительно несущихся во всех направлениях. Некоторые из них пролетают сквозь толщу огромных небесных тел. Каждый человек постоянно облучается такими частицами. Одно лишь Солнце, как считают физики, посылает нам около десятка миллиардов нейтрино (одна из разновидностей элементарных частиц) на каждый квадратный сантиметр в секунду.

Элементарные частицы с точки зрения обитателей макромира ведут себя тоже странно. Свет, звук, электричество, радиосигналы, гравитационные силы всемирного (в том числе земного) тяготения можно с равным основанием рассматривать и как частицы и как распространяющиеся волны. Да, приборами макромира явления микромира и мегамира регистрируются как частицы или волны (смотря по обстоятельствам). Да, атом условно можно представить себе в виде Солнечной системы с электронами-планетами. А можно представить и в виде резонирующих струн, звучащих на той же волне, что и соседние. Но и в том, и в другом, и в сотом примере в качестве сравнения привлекается явление макро-, а не микромира.

Атомное ядро, в отличие от клетки, не разглядеть и в сильнейший микроскоп. Пока мыслимо лишь наблюдать процессы распада ядра (в том числе стимулируемые искусственно), сталкивать одно ядро с другим или «обстреливать» его элементарными частицами и смотреть, что получается (на приборах макромира!). По образному выражению одного из исследователей, ядро напоминает неприступный остров, окруженный прочной высокой стеной. Ни проломить стену, ни перелезть через нее нельзя. Можно только швырять через нее камни разного веса и с разной силой, а потом ждать, чем ответят на это таинственные островитяне. По их ответным камням — всегда строго соразмеренным с силой и весом брошенных за стену — можно судить о повадках обитателей и о минералах острова.

Казалось бы, не бог весть какое действенное средство. Тем не менее многие десятилетия упорного труда на этом

пути дали изумительные результаты, которые постепенно ставят микромир на службу человечеству. Ожидается, что дальнейшее проникновение в него поможет человеку обеспечить изобилие энергии, любых материалов с заданными свойствами, любых продуктов питания, неотличимых от натуральных, прямо из горных пород, из морской воды, из воздуха; откроет возможность передвижения с нарастающими космическими скоростями, освоения Солнечной системы, а может быть, и соседних звездных систем,— словом, дальнейшее проникновение в микромир предоставит человечеству возможность осваивать все более обширные просторы Вселенной.

Чтобы полностью поставить себе на службу макромир и развернуть освоение мегамира, человеку необходимо как следует обосноваться в микромире, постичь законы его развития, постичь секреты атомного «механизма», который определяет преобразование вещества в энергию, энергии в вещество и одного вещества в другое.

ОСОБЕННОСТИ МИРА АТОМА

Стоит вообразить предел все более детальной структуры атома, и сразу возникает вопрос: а что там, за пределом?.. Опыт показывает, что «за пределом» каждый раз оказывается не просто новая составная часть, а нечто существенно иное. Тело — не просто сумма клеток. Клетка — не просто сумма молекул. Молекула — не просто сумма атомов. Атом — не просто... Не вереница матрешек в матрешках, а как в старых сказках: ларец, в нем живая рыба, в рыбе золотое кольцо, в кольце холодный огонь, в огне... Только в микромире разница между его составляющими может оказаться много большей, чем между рыбой, кольцом и огнем.

Пока что человек проник в микромир не особенно глубоко. Поэтому нам более или менее известна лишь «внешняя часть» атомных процессов.

Приборы макромира не в состоянии определить сразу и положение и скорость движения элементарной частицы. Частица оказывается как бы «размазанной» в пространстве и во времени.

Приходится говорить лишь о вероятности нахождения частицы в данном состоянии.

К настоящему времени открыто четыре фундаментальных физических типа взаимодействий, управляющих всеми процессами во Вселенной: электромагнитное, гравитационное, ядерное сильное и ядерное слабое.

Современная физика насчитывает более 200 элементарных частиц, и открываются все новые и новые.

В наше время наука движется вперед невиданными прежде темпами, и если, к примеру, в справочниках, изданных всего несколько лет назад, мы можем прочитать, что физики предполагают существование «кварков» — «гипотетических фундаментальных частиц», то сегодня физики экспериментально доказали возможность их существования, сначала трех видов, затем — четвертого и пятого. Вполне возможно, что к моменту выхода этой книги будет «опознан» и шестой вид кварков.

Дальнейший ход эволюции Вселенной, считают ученые, во многом зависит от того, сколько разновидностей элементарных частиц объективно существует. С точки зрения развиваемой в настоящее время теории их могут быть тысячи и десятки тысяч. Не исключено существование и бесконечного «набора» элементарных частиц различных масс. Однако вопрос остается открытым, поскольку теоретические выводы нуждаются во всесторонней экспериментальной проверке.

Элементарные частицы — носители огромной энергии, поэтому современную физику элементарных частиц иногда называют физикой высоких энергий. И самое главное, изучая элементарные частицы, ученые полнее раскрывают процесс, в ходе которого идет развитие окружающего нас мироздания.

Частица, при определенных условиях, может «проявиться» в своем поле, как волна на море или как лампочка, вспыхивающая и гаснущая на световом табло. Впрочем, как уже говорилось, поведение частиц не пояснить с достаточной точностью никакими земными примерами. Они «возникают» там, где им, казалось бы, просто неоткуда взяться, и «исчезают» столь же таинственно, но всегда — по своим собственным, для нас еще во многом неясным закономерностям. Так, например, нейтрино обладает способностью «проходить» сквозь вещество. Нейтрино пронизывает все небесные тела, включая Солнце и Землю, не изменяя траектории своего движения во Вселенной. Оно почти не взаимодействует с веществом,

сквозь которое проходит, поэтому так сложно было его обнаружить.

Другой пример «странности» микромира: при экспериментах было обнаружено, что сложная частица, видоизменяясь, оказывалась меньше составляющих ее частиц, вместе взятых, то есть часть как бы оказывалась больше целого.

В силовом поле состояние каждой частицы зависит от состояния всех окружающих ее частиц. Может быть, правильнее было бы сказать, что они взаимопревращаются, «возникают» друг из друга и «исчезают» друг в друге. Еще правильнее было бы просто отметить, что перестройка частиц идет постоянно, ежесекундно и вездесущно, незаметно для обитателя макромира (хотя существуют и очень устойчивые частицы, например протон). Одна из частиц ядра — нейтрон в свободном состоянии «самопроизвольно» распадается, порождая другую частицу — протон. При этом испускаются электрон и нейтрино. С другой стороны, при определенных условиях электрон захватывается протоном, который превращается при этом в нейтрон. Словом, частицы постоянно взаимодействуют друг с другом.

Продолжая сопоставления с макромиром, мы говорим, что расстояния в микромире на много порядков меньше, чем в нашем, что атомы в миллионы раз меньше песчинки, что некоторые элементарные частицы способны «превратиться» в калории энергии, что, выброшенные из ядра, некоторые из них «живут» миллионные доли секунды, что за стомиллионную долю секунды они способны сделать триллионы оборотов, причем ведут себя так, как если бы вращались в определенную сторону с определенной скоростью, которую нельзя ни увеличить, ни уменьшить. Конечно, такие сопоставления необходимы, чтобы разглядеть особенности чуждого, соседнего мира глазами обитателей нашего родного мира. Но не теряют ли в таких условиях смысл наши представления о пространстве и времени, точнее, о метрах и секундах, оборотах и калориях?

Согласно теории Эйнштейна, особенности измерения пространства и времени зависят от того, с какой скоростью движется тело, на котором ведется отсчет, относительно другого тела, по отношению к которому определяется скорость. Состояние покоя, с этой точки зрения,

тоже может рассматриваться лишь как условное по отношению к какому-то другому телу. При этом чем выше скорость движущегося тела, тем больше его масса — или, что то же самое, инерция — с точки зрения «покоящегося» наблюдателя, тем медленнее на нем (по часам наблюдателя) течет время и тем меньшее пространство (с точки зрения наблюдателя) оно занимает. В макромире, где скорости тел относительно ничтожны, эти изменения тоже настолько исчезающе малы, что почти незаметны. Но там, где скорости могут достигать предельно возможной величины (а именно скорости света — около 300 000 километров в секунду) или приближаться к ней,— изменения огромны.

Вообразим, что два космических корабля смогли бы разогнаться до скорости света. В этом случае масса каждого из них, стремительно нарастая, превратилась бы в бесконечно большую. Наблюдатель на каждом из кораблей точно установил бы, что время у соседей замедлилось до полной остановки, а размеры их корабля сократились до нуля (хотя для своего корабля те же часы и прочие измерительные приборы столь же точно показывали бы, что никаких изменений не произошло).

АТОМЫ — ОСТРОВА В ОКЕАНЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

С учетом всех этих особенностей и надо подходить к рассмотрению структуры микромира.

Попробуем посмотреть, как он выглядит, так сказать, извне.

Одна из его черт, бросающихся в глаза,— многоукладность, то есть множественность уровней качественно разного содержания. Нам известны лишь несколько из них: кристалл, состоящий из атомов, или кристалл, состоящий из молекул (а те, в свою очередь, из атомов); организм, состоящий из клеток (а те, в свою очередь, из молекул и т. д.); вещество в плазменном, то есть полностью ионизированном, состоянии; атом, состоящий из ядра и оболочки; элементарные частицы и их поля. Ученые не сомневаются, что этот перечень поддается дальнейшему уточнению.

Другая черта микромира — его извечность, если иметь в виду историю и мерить время привычными нам макросистемными мерками. Да, на уровнях, составляющих макромир, то есть на уровнях кристалла или организма, молекулы, возможно даже атома и элементарных частиц в их нынешнем состоянии, существующий микромир возник определенное время назад. Но на бесчисленных уровнях самого микромира он существовал до появления нашего макромира и мегамира и будет существовать вечно.

Третья черта микромира — его вездесущность. Там, где нет космических тел, пыли, газа,— есть элементарные частицы и связанные с ними поля (напомним, кстати, что масса и энергия — всего лишь различные формы существования материи). По прикидкам ученых, в одной только нашей Галактике насчитывается 10^{58} — 10^{59} космических частиц. Для человека, если он не математик, числа с 58 или 59 нулями мало что говорят. Для специалиста же эта огромная величина означает, что Космос наполнен элементарными частицами, как океан — каплями.

В этом бесчисленном множестве, в этом «океане» элементарных частиц лишь изредка попадаются «острова» — простейшие устойчивые соединения элементарных частиц — ядра атомов водорода (протоны), из которых на девять десятых состоит наша Вселенная. Средняя плотность межзвездного газа даже в Галактике, не говоря уже о межгалактических пространствах,— один атом водорода на два-три кубических сантиметра. Любые космические тела, даже крошечные пылинки, по той же шкале сопоставлений, выглядят как целые «материки», как планеты, разделенные миллионами километров.

На межатомном уровне в химических процессах горения, окисления, разложения — вплоть до самых сложных, связанных с жизнедеятельностью белковых тел,— атомное ядро остается стабильным. Все процессы такого рода вызываются только перестройкой электронов на их оболочках. При определенных условиях электроны разных атомов образуют па́ры, общие для этих атомов и накрепко связывающие их воедино общей электронной оболочкой (ковалентная связь). При других условиях «спарившиеся» электроны разных атомов оказываются в сфере притяжения одного из них и тем самым тоже связывают оба атома вместе (ионная связь).

Существуют промежуточные типы химических связей,

многообразных по характеру и прочности. Примером может служить образование молекулы метана. Четыре электрона углерода (атом углерода — его масса равна массе 12 атомов водорода — состоит из ядра и как бы двух слоев электронов: два электрона во внутреннем и четыре во внешнем слое) дополняются электронами четырех атомов водорода (атом водорода состоит из ядра и одного электрона). Получается относительно устойчивое соединение, для разложения которого на первоначальные составные части требуется значительная энергия, способная разъединить «спарившиеся» электроны. То же самое происходит в сложных процессах органической химии, где в построении молекул принимают участие тысячи и тысячи атомов.

При «нормальном» состоянии атома или молекулы каждый электрон занимает положенное ему место на одной из орбит (хотя, наверное, точнее было бы говорить об «электронном облаке» вокруг ядра атома). Имеется самое «спокойное», самое низкое в энергетическом отношении (то есть в отношении способности оторваться от ядра) положение электронов. При возбуждении атома «внутренние» электроны переходят на менее устойчивые орбиты. Оказавшись в таком возбужденном состоянии, атом стремится вернуться в «спокойное», «нормальное» состояние. Возбуждение атомов и молекул вызывается несколькими возможными путями. Один из них, например,— нагревание, раскаливание вещества, передача ему энергии, которая и приводит электроны в возбужденные состояния. Ядра атомов также могут находиться в устойчивом и неустойчивом состояниях. Например, атом урана-238, который массивнее атома водорода в 238 раз, неустойчив (радиоактивен). Он состоит из атомного ядра и как бы семи слоев электронов: 2 в первом, 8 во втором, 18 в третьем, 32 в четвертом, 21 в пятом, 9 в шестом, 2 в седьмом. Сравните это с гораздо более легким и устойчивым атомом углерода, о котором упоминалось выше. При распаде атомы урана «превращаются» в устойчивые атомы свинца (ядро и шесть слоев электронов: 2 в первом, 18 во втором, 18 в третьем, 32 в четвертом, 18 в пятом, 4 в шестом) и гелия (ядро и один слой из двух электронов). Наиболее неустойчивые элементы распадаются бурно и быстро, более устойчивым требуются многие годы.

АТОМ, ВСЕЛЕННАЯ И ВСЕЛЕННЫЕ

Итак, общую картину соотношения микро-, макро- и мегамира можно представить следующим образом.

Частицы в микромире, как мы говорили, существуют, постоянно взаимодействуя друг с другом. Обычно это взаимодействие происходит в виде взаимообмена, взаимопревращения, поглощения и испускания, притяжения и отталкивания. Иногда оно захватывает лишь внешние электронные оболочки атомов. Иногда принимает бурные формы цепных реакций распада и слияния ядер. Но бури в океане микромира преходящи. А электронные оболочки образуются лишь вокруг некоторых атомных «островов» и на еще более редких «материках» — соединениях атомов в кристаллы, молекулы, тела, клетки, организмы, планеты, звезды, галактики. Все это — как отдельные водовороты в бездонной толще океана микромира.

Мы, обитатели макромира, видим лишь те «водовороты», которые возникают как бы на «поверхности» этого океана: сияние Солнца и звезд, тяготение планет к Солнцу, тепло огня, мерцание телевизионного экрана, превращение железа, кислорода и воды в ржавчину и так далее.

Читатель, видимо, уже обратил внимание на то, что в книгах слово «вселенная» пишется то с большой, то с маленькой буквы. Ну, когда то же самое делают со словом «галактика» — это теперь всем понятно. «Галактика» (с большой буквы) — это «наше» скопление звезд, наша родная звездная обитель, где расположена Солнечная система. А «галактика» (с маленькой буквы) — это одна из многих миллиардов примерно таких же звездных систем во все стороны от нашей Галактики. Например, хорошо знакомая нам по знаменитому научно-фантастическому роману И. Ефремова «Туманность Андромеды». Точно так же «вселенная» (с маленькой буквы) — это одно из мирозданий, может быть совершенно непохожее на известную нам Метагалактику, сосуществующее вместе с ней, наряду с ней. И таких вселенных может быть бесчисленное множество, так что наша Вселенная, возможно,— лишь одна из них.

Вопрос этот очень непростой, не одной лишь терминологии касающийся. По нему до сих пор идут дискуссии среди специалистов. Одни из них считают, что космология

имеет дело с целостной и принципиально единственной физической системой, охватывающей всю материю мироздания, каковы бы ни были различия между отдельными областями последнего. Они утверждают, что вне нашей Вселенной, как бы ни были разнообразны ее отдельные части, вообще ничего нет и быть не может, что наша Вселенная, так сказать, всеобъемлюща. Другие настаивают на том, что космология призвана изучать материальный мир не вообще, а в определенных масштабах пространства и времени, как некий конкретный исторический объект. Сегодня объектом исследований космологии является наша Вселенная, Метагалактика. Но возможно, дальнейшее развитие космологии приведет к открытию других метагалактик, качественно отличных от нее.

Иными словами, подобно тому как физика высоких энергий шаг за шагом продвигается в глубь микромира, переступая предел за пределом мира элементарных частиц,— точно так же астрофизика способна достигать все новых и новых пределов в постижении мегамира. Достигнутый сегодня предел как раз и соответствует нашему понятию Вселенной как целого. Так что можно сказать: наша Вселенная — это окружающее нас мироздание с точки зрения определенной космологической теории. Поднимется теория на новую ступень — откроются новые горизонты и, может быть, совершенно иные вселенные.

Но не будем вмешиваться в продолжающиеся дискуссии специалистов. Важно отметить лишь, что космология уже поднялась на такой уровень, с которого Вселенная видна не просто как совокупность галактик, а как нечто гораздо более сложное, требующее дальнейшего изучения и осмысления.

К мысли о том, что, скорее всего, наша Вселенная не исчерпывает собой всей сложности материального мира и что возможно существование бесчисленного множества вселенных, ученые пришли, когда, изучая историю Метагалактики, обнаружили принципиальную возможность существования качественно иных состояний материи,— например, там, где совершенно меняется смысл, который мы вкладываем в такие взаимосвязанные понятия, как «пространство» и «время» (впрочем, это мы увидим ниже, когда речь пойдет о «черных дырах», способных претерпевать существенные изменения и в пределах нашей

Вселенной). Развивая мысль о вероятной «множественности вселенных», некоторые ученые говорят о необходимости отрешиться от привычного взгляда даже на нашу родную Вселенную как на нечто однородное, как на нечто «одно и то же без конца и края». Они разрабатывают совершенно новое представление о нашей Вселенной — как о «Вселенной островного типа», состоящей из многих неоднородных мини-вселенных, в каждой из которых свойства элементарных частиц и даже размерность пространства могут быть различными.

Бесконечное многообразие и неисчерпаемость свойств бесчисленного множества вселенных, существование которых вытекает из современных космологических теорий, подчеркивается в уже цитированной нами статье о философских проблемах астрономии и заставляет с особым вниманием отнестись к закономерностям функционирования и развития нашей Вселенной.

Глава 3. МЕГАМИР

МЕТАГАЛАКТИКА. ЧТО ДАЛЬШЕ?

Мегамир. Вселенная. По современным научным представлениям, она возникла в результате «Большого Взрыва» — взрыва сверхплотной материи с качественно иными, труднопредставимыми для нас свойствами.

Обратимся к той части Вселенной, которая доступна непосредственным наблюдениям и называется Метагалактикой.

Метагалактика состоит примерно из сотни миллиардов галактик. Каждая галактика насчитывает примерно сотню миллиардов таких звезд, как наше Солнце. Каждая из них вращается вокруг своей оси и одновременно уносится куда-то в неведомую даль.

Наблюдения показывают, что галактики разбегаются друг от друга. Одна из не особенно далеких (до нее от Земли около миллиона световых лет[1]) удаляется от нас

[1] Напомним, световой год — расстояние, которое луч света пробегает за год (9460 млрд. км).

со скоростью 200 километров в секунду, более далекие (до них сотни миллионов световых лет) — со скоростью порядка 30 000 км/с и выше, а самые отдаленные (до них миллиарды световых лет) — со скоростью около 150 000 км/с. За этими пределами на протяжении еще нескольких миллиардов световых лет телескопы открыли непонятные космические объекты, каждый из которых, несмотря на относительно небольшие размеры, по мощности излучения превосходит обычную галактику с ее сотней миллиардов звезд и поэтому различим даже на таком несусветном расстоянии. Принимая во внимание их компактность, их назвали «вроде бы звезды» (квази[1] — звездные объекты, квазары).

Что такое квазары? Какие-то сверхгалактики? Или взорвавшиеся галактики? Или зародыши будущих галактик? Или что-то иное? Да и как вообще образуются галактики? Пока что рассматриваются различные гипотезы. Ответ на эти вопросы призваны дать дальнейшие исследования.

Если и есть еще какие-то космические объекты за рубежами десятка миллиардов световых лет, то до них очень трудно «добраться» даже с помощью самых высокочувствительных приборов. Ведь чем дальше от нас объект, тем ближе его скорость к световой. За светом не угнаться никому и ничему, поэтому имеется «горизонт», за которым мы, в принципе, ничего увидеть не сможем.

Расстояния между звездами в каждой галактике настолько огромны, что по сравнению с ними всю нашу Солнечную систему можно считать единой крохотной искоркой. Лучу света, с его скоростью около 300 000 километров в секунду, нужно около десяти часов, чтобы пересечь Солнечную систему по диаметру орбиты последней от центра крупной планеты — Плутона. И нужно около ста тысяч лет, чтобы пересечь из конца в конец всю нашу Галактику. И нужно около десяти миллиардов лет, чтобы достичь тех рубежей Метагалактики, до которых добрались пока что самые мощные из земных телескопов. До ближайшей к нам звезды (Проксима в созвездии Центавра) луч света дойдет за 4,2 года, а до ближайшей галактики (Магеллановы Облака), которая, возможно, яв-

---

[1] Квази... (от лат. quasi — якобы, как будто) — часть сложных слов, соответствующая по значению словам «мнимый», «не настоящий».

ляется лишь спутником нашей Галактики,— за 150 тысяч лет.

Вечно ли будет расширяться Метагалактика? Или ее расширение сменится сжатием и превращением снова в «предвселенную» или в какую-то иную вселенную, а затем снова начнется расширение?

Существуют научные гипотезы об «открытой», то есть «непрерывно расширяющейся», равно как и о «закрытой», то есть «пульсирующей», Вселенной. Обе гипотезы в нескольких вариантах. Однако требуются очень основательные исследования, пока та или иная из них не превратится в более или менее обоснованную научную теорию.

В принципе, как считают ученые, все зависит от величины средней плотности материи во Вселенной, а величину эту пока еще не удалось определить с достаточной точностью.

Зато точно рассчитана некая критическая величина, выше и ниже которой Вселенная должна вести себя по-разному.

Если средняя плотность материи равна этой величине или ниже ее, то Вселенная будет расширяться бесконечно, причем эта средняя плотность материи во Вселенной будет бесконечно стремиться к нулю — примерно так же, как если бы облачко дыма стало «расплываться» в воздухе. Если же плотность материи окажется выше указанной величины, то в будущем расширение Вселенной прекратится и сменится сжатием.

Не исключено, что периоды расширения и сжатия чередуются бесконечно. В этом случае мы имеем «пульсирующую» Вселенную. Не исключено также, что циклы «расширение — сжатие» отличаются друг от друга, изменяясь согласно какой-то закономерности. В этом случае мы имеем «осциллирующую» Вселенную.

Ясно одно: все, что возникает, рано или поздно должно исчезнуть, иначе не было бы возникновения, а все существовало бы извечно. Но «исчезновение» в масштабах Вселенной означает лишь смену одних форм существования материи другими, ибо сама материя существует извечно, не рождаясь «из ничего» и не обращаясь «в ничто». И еще одно предположение: высокоорганизованным формам материи (разумной жизни, например) на данной стадии нашей Вселенной, видимо, еще никогда не

удавалось стать «хозяином положения» в галактическом масштабе (в смысле — овладеть источниками энергии галактических масштабов).

Во всяком случае, у нас нет никаких данных, свидетельствующих о противоположном.

БЕЗДНА, ПОЛНАЯ ТАЙН

В начале книги мы вкратце рассказали о радиоастрономии — мощном средстве современной науки, с помощью которой открылись многие тайны не только Вселенной вообще, но и возникновения Солнечной системы, и нашей родной планеты в частности. О планете Земля нам предстоит говорить дальше особо. Сейчас остановимся более детально на том, как исследует современная астрономия бескрайние просторы Космоса.

М. В. Ломоносов, вглядывавшийся в небо через весьма несовершенный в его времена телескоп, писал: «Открылась бездна, звезд полна». Людям сегодняшнего дня, чьи аппараты побывали на Марсе, Венере и даже сумели покинуть Солнечную систему, тем не менее в пору воскликнуть вслед за великим ученым, несколько перефразируя его слова: «Открылась бездна, тайн полна».

Астрономические исследования звездного неба на протяжении XIX — XX веков во многом изменили представления человечества о Космосе[1].

Раньше вроде бы все было ясно: звезды, вокруг них планеты, а меж звездами — пустота, вакуум. Но оказалось, что на деле картина Вселенной много сложнее.

«Несколько лет назад,— пишет советский астроном Ю. Н. Ефремов,— я был немало удивлен, не увидев на фотографии области созвездия Ориона, помещенной в журнале «Земля и Вселенная», знаменитой темной туманности Конская Голова... Оказывается, художник ре-

---

[1] В наше время часто выделяют так называемый ближний Космос, часть Солнечной системы, исследуемая при помощи искусственных спутников Земли, космических аппаратов и межпланетных станций, и дальний Космос — мир звезд и галактик. В литературе понятие «космос» употребляется в двух значениях: в смысле синонима Вселенной (в этом случае данное слово пишут — как и мы в настоящей книге — с заглавной буквы) и в смысле окружающего нас космического пространства, которое исследуется и осваивается людьми (в этом случае оно пишется со строчной буквы).

шил, что на небе не может быть столь черных областей, да еще такой причудливой формы,— и заретушировал несчастную туманность.

Многие астрономы до начала XX века тоже не верили в существование темных туманностей... Посетителям обсерваторий, желавшим видеть «бесконечное мировое пространство», показывали именно эти области. Мы знаем теперь, что как раз в них дальше нескольких сотен парсек[1] ничего не видно».

То, что между звездами существует некая ослабляющая их свет среда, предположил еще в 1847 году выдающийся российский ученый В. Я. Струве. В начале XX века на фоне звезд был обнаружен межзвездный газ. Однако ученые были склонны считать, что поглощающее вещество сосредоточено в отдельных туманностях, в остальном же пространстве ничто не может мешать наблюдениям. Они, по ироническому замечанию английского астронома А. Эддингтона, напоминали гостей, отказывающихся ночевать в комнате, где якобы являются призраки, и вместе с тем гордо заявляющих: «Мы в призраков не верим!»

В 30-х годах нашего века было доказано существование межзвездной среды. Изучая блеск звезд так называемых рассеянных скоплений, ученые обнаружили, что чем скопление дальше от Земли, тем оно кажется... больше (хотя все они по величине должны быть примерно равны). Астрономам пришлось признать, что эффект этот создает среда, поглощающая свет. Что она из себя представляет?

Постепенно выяснилось, что межзвездные бездны пронизываются видимыми и невидимыми лучами, что здесь существуют магнитные поля, пыль, газ из атомов, ионов и молекул. Хотя эта материя межзвездной среды очень разрежена (то есть концентрация ее чрезвычайно низка), масса ее огромна: если бы можно было собрать всю пыль и весь газ из части Галактики, включающей Солнце и ближайшие звезды, и положить их на одну чашу весов, то на другую, чтобы уравновесить их, пришлось бы положить почти все эти звезды.

В общем, игнорировать межзвездную среду нельзя. Ее нужно исследовать, изучать. Однако дело это оказалось

---

[1] Парсек — единица измерения расстояний в астрономии, равная 3,26 светового года.

чрезвычайно сложным. И пыль и газ проявляют себя в телескопах, лишь если их освещает своим светом звезда. Но сама звезда за пылевым занавесом тускнеет и краснеет, свет ее ослабляется, как у Солнца, приближающегося к горизонту.

Вот здесь-то на помощь и приходят радиотелескопы. Молекула каждого вещества излучает электромагнитные колебания на своей собственной радиоволне. Радиоволны свободно проходят сквозь толщи космической пыли и несут нам уникальную информацию о молекулярном составе и физических условиях в глубинах межзвездных газовых и пылевых облаков.

На помощь приходят также наблюдения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах с борта космических обсерваторий.

«ОБИТАТЕЛИ» МЕЖЗВЕЗДНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Исследования показывают, что главный «обитатель» межзвездных пространств — водород. По числу атомов, распространенных в Космосе, он во много раз превосходит частицы всех остальных элементов, вместе взятых. Однако и этот газ разрежен чрезвычайно: мы уже говорили, что в пространстве между звездами даже близ плоскости Галактики один атом водорода приходится на два-три кубических сантиметра пространства, тогда как в том же объеме земной атмосферы содержатся миллиарды и миллиарды атомов газов. Если бы космонавт сделал в мировом пространстве только один выдох, то выдохнутый им воздух при упомянутой выше степени разреженности мог бы заполнить «космический куб» с ребром 400 км!

Межзвездный газ распределен неравномерно: местами он собирается в сравнительно плотные облака. В нашей Галактике основная масса газа с наибольшей концентрацией собрана в плоскости ее спиральных рукавов...

Одна из последних моделей распределения межзвездного газа, основанная на наблюдениях радиолиний молекул окиси углерода, рисует картину, согласно которой сферические облака диаметром в несколько парсек каждое расположены на расстоянии примерно 25 парсек друг от друга.

Атом водорода — это «радиостанция», работающая на одной, строго фиксированной частоте, соответствующей длине волны 21 см. Однако астрономы заметили, что из одних скоплений газа до нас доходят несколько более длинные, из других — более короткие волны. Ученые предположили, что газ находится в движении и вариации длины волны — результат хорошо известного ныне каждому школьнику эффекта Допплера. Суть этого эффекта, напомним, сводится к тому, что при приближении источника звука (или света) к наблюдателю длина соответствующих волн уменьшается, а частота — увеличивается (при удалении — наоборот). Поэтому гудок паровоза слышится при его приближении менее «басовитым», чем при удалении: волны звука, приближаясь, как бы сжимаются и тон повышается.

ОТКУДА БЕРЕТСЯ МЕЖЗВЕЗДНОЕ ВЕЩЕСТВО

Исследования межзвездной среды выдвинули новые проблемы. С одной стороны, выявилось своеобразие структуры этой среды, с другой — возникла задача объяснить ее происхождение с помощью методов радиоастрономии. В космическом пространстве были обнаружены соединения, содержащие углерод, то есть вещества, многие из которых могут участвовать в процессах зарождения жизни. Откуда взялись такие вещества в безжизненном Космосе?

На этот вопрос долгое время не было ответа. Но вот не так давно были открыты «невидимые» звезды. Нет, как и всем светилам, им свойственны процессы излучения, но в невидимом — инфракрасном диапазоне. Детальные исследования показали, что эти звезды окружены «коконами» — плотными газово-пылевыми оболочками. Ученые полагают, что сами звезды образовались в результате сгущения разреженной материи, а газово-пылевая оболочка — это, так сказать, то, что «не пошло в дело», то есть на образование звезды.

В такой плотной и относительно холодной оболочке, напоминающей протопланетную туманность молодой Солнечной системы (с ней нам предстоит познакомиться в следующей главе), вполне могут синтезироваться весьма

сложные молекулы и пылинки. На определенной стадии эволюции молодая звезда начинает испускать интенсивный «звездный ветер»[1] — потоки электрически заряженных частиц-корпускул,— который и «выдувает» образовавшиеся молекулы и пылинки в межзвездное пространство.

Однако самыми большими «распылителями» такого рода молекул и пылинок являются, по-видимому, не молодые, а относительно старые и «холодные» (температура их поверхности «всего» от 2500 до 4500° С), так называемые «коптящие», звезды. Специалисты, изучающие эти необычные небесные объекты, доказали, что в их атмосферах, где мало водорода и много углерода, образуется графитная пыль (ее именуют «сажей» или «копотью»), которая под давлением «звездного ветра» попадает в космическое пространство и рассеивается в нем.

Примерно таким же путем в атмосферах звезд, более богатых кислородом, чем углеродом, конденсируются силикатные пылинки, также «выметаемые» в межзвездное пространство давлением излучения звезды.

Изучая поглощение и поляризацию света (помните, мы говорили, что луч света преломляется, проходя сквозь кристалл?) далеких звезд межзвездными пылинками, ученые пришли к выводу, что графитные или силикатные ядра пылинок в условиях межзвездного облака покрываются «мантией» из замерзших газов, прежде всего — обычного льда.

Как же работает межзвездный «сборочный конвейер» по производству простых и сложных молекул?

Ученые представляют себе это так. Некоторые звезды, вроде тех, о которых мы только что упоминали, поставляют в космическое пространство частицы пыли. Поверхность этих частиц способна захватывать атомы межзвездного водорода. Сталкиваясь меж собой на поверхности пылинки, атомы сливаются в молекулы водорода (H_2), которые тут же отрываются от пылинок и попадают в «газовую фазу». Ионизация этих молекул космическими лучами приводит к цепочке ион-молекулярных реакций, в результате которых синтезируются все более сложные соединения. Особенность ион-молекулярных реакций в

[1] Такой «звездный ветер» имеет и наше Солнце (о «солнечном ветре» см. в следующей главе).

том, что они энергично протекают при сколь угодно низких температурах.

Так происходит «сборка» сложных молекул в условиях межзвездного газово-пылевого облака.

РОЖДЕНИЕ И ГИБЕЛЬ ЗВЕЗД

Раскрываем «Астрономический календарь» на 1986 год.

Интересующихся состоянием астрономической науки, говорится в одной из его статей, часто поражает, как это астрономы умудряются проследить эволюцию звезд, несмотря на то что жизнь человеческой цивилизации — лишь краткий миг по сравнению с временем жизни звезды. Между тем к настоящему времени мы знаем в основных чертах, как рождаются, живут и умирают звезды разных типов, каковы их источники энергии и внутреннее строение. В решении этой задачи астрономам помогает тот факт, что среди ста с лишним миллиардов звезд нашей Галактики имеются звезды, находящиеся на самых различных стадиях эволюции. Сравнивая их между собой, можно как бы проследить историю звезды от ее возникновения и молодости до старости и угасания.

Согласно наиболее распространенной в настоящее время среди астрономов теории, звезды образуются в результате взаимного притяжения — гравитационного сжатия газопылевых облаков. Во время сжатия происходит превращение гравитационной энергии во внутреннюю энергию вещества, которое постепенно разогревается. Температура в центральной зоне формирующейся звезды растет. Когда она достигает 10—15 миллионов градусов, начинаются термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Эти реакции обеспечивают равновесное, устойчивое состояние образовавшейся звезды на протяжении многих миллионов и даже миллиардов лет — тут все зависит от массы звезды.

Чем меньше масса — тем дольше живет звезда.

Если масса протозвезды (то есть формирующейся звезды) очень мала — по скрупулезнейшим вычислениям астрофизиков, менее восьми процентов солнечной,— то у нее в процессе гравитационного сжатия так никогда и не достигается температура центральной зоны, достаточная

для начала термоядерных реакций. Такая протозвезда никогда не вспыхнет звездой.

Если масса протозвезды более или менее сопоставима с солнечной, то есть составляет не менее восьми сотых массы Солнца, то звезда «загорается» и может устойчиво светить миллионы или миллиарды лет. Так, звезды с массой, равной солнечной, живут около десятка миллиардов лет, звезды помельче — десятки миллиардов лет. Для сравнения: звезда, втрое превосходящая массой Солнце, живет около миллиарда лет, а вдесятеро превосходящая — «всего лишь» какую-нибудь сотню миллионов лет. Впрочем, у этих звезд, как увидим ниже, судьбы совершенно разные.

Когда исчерпывается ядерное топливо, читаем мы в книге профессора И. Д. Новикова «Черные дыры и Вселенная», звезда, продолжая терять энергию на излучение, постепенно сжимается. И если ее масса не превышает массу Солнца более чем в 1,2 раза, то сжатие закончится, когда радиус звезды составит несколько тысяч километров. Иными словами, когда наше Солнце уменьшится до размеров одной из своих планет,— скажем, до размеров Земли. Плотность вещества при этом может достигнуть чудовищной величины —10^9 г/см^3. Такие звезды, давно известные астрономам, получили название белых карликов.

После превращения в белого карлика звезда остывает, почти не уменьшая своих размеров. Возникает еще одно относительно устойчивое, равновесное состояние, так что белый карлик на протяжении новых и новых миллиардов лет может полностью остыть и превратиться в черный карлик того же размера, жизнь которого столь же или даже еще более продолжительна.

Если же масса звезды превышает солнечную более чем в 1,2 раза, то, по расчетам, в ходе сжатия плотность ее вещества превысит указанную выше критическую величину (10^9 г/см^3) и возникнут ядерные реакции, поглощающие много энергии. Равенство сил тяготения и давления нарушится, и звезда начнет стремительно сжиматься.

В процессе этого сжатия может произойти ядерный взрыв, который действительно неоднократно наблюдался и получил название вспышки «сверхновой» звезды. При этом взорвавшаяся звезда сбрасывает оболочку, которая рассеивается в окружающем космическом пространстве, благодаря чему явление «сверхновых» и наблюдается.

Сама же звезда превращается в так называемую нейтронную звезду: силы тяготения сжимают ее настолько, что в центре звезды плотность оказывается сопоставимой с ядерной (10^{14} — 10^{15} г/см^3).

Астрофизики называют нейтронную звезду своеобразным атомным ядром с поперечником в десяток километров. В такой звезде ядерные частицы — нуклоны — очень тесно прижаты друг к другу. Специалисты рассчитали, что если масса нейтронной звезды не превосходит двух солнечных, то вновь наступает состояние устойчивого равновесия. Оно и является конечным состоянием этой остывшей звезды.

Правда, понятие «остывшая» и в данном случае весьма относительно. Просто при такой плотности температура не сказывается, как обычно, на величине давления. Образно говоря, с нашей, земной точки зрения, тепло «ведет себя» так же, как холод. Поэтому нейтронную звезду именуют «холодной», хотя в ее центре температура может достигать сотни миллионов градусов, и даже на поверхности — около миллиона.

Помните первую главу «Туманности Андромеды» И. Ефремова?

«...Бронзовые цилиндры погасли одновременно с умолкшей вибрацией корпуса. На правом переднем экране появилась огромная звезда, светившая тусклым красно-коричневым светом. На мгновение все оцепенели, не сводя глаз с громадного диска, возникшего из тьмы прямо перед носом корабля...

— Железная звезда! — с ужасом воскликнула Ингрид Дитра.

— Да, это железная звезда,— медленно сказал Эрг Ноор,— ужас астролетчиков!..»

Нейтронные звезды астрономы искали долго, но безуспешно. Дело в том, что такие звезды испускают видимого света в миллион раз меньше Солнца. Поэтому их можно обнаружить, только если они не особенно далеко от нас. Да и то как ее отличишь от обычных неярких звезд?

Открыли нейтронные звезды в 1967 году, спустя 33 года после теоретического предсказания их существования, причем совершенно случайно. Выяснилось, что на поверхности нейтронных звезд, с их сильным магнитным полем, есть особенно активные области, излучающие мощ-

ные потоки радиоволн. Звезда вращается, и эти потоки — тоже. Получается нечто вроде вращающегося прожектора. Когда радиолуч такого природного «прожектора» попадает на Землю, астрономы регистрируют вспышки радиоизлучения — через равные промежутки времени, соответствующие периоду вращения звезды.

Вспышки следовали одна за другой с очень коротким периодом — меньше секунды. Так быстро вращаться может только «маленькая» звезда с поперечником не больше нескольких десятков километров. Любая звезда покрупнее — даже белый карлик диаметром всего в тысячу километров — при такой скорости вращения будет просто разорвана на куски центробежными силами. Только у маленькой нейтронной звезды столь быстрое вращение еще не превышает предела прочности.

Новые космические объекты за их «пульсирующее» радиоизлучение назвали пульсары. И вот наблюдения подтвердили теорию. Было доказано, что пульсары — это и есть нейтронные звезды.

Такова «старость» не слишком крупной звезды, меньше примерно двух масс Солнца.

Ну а если больше?

Высказывалась мысль, что, может быть, столь массивные звезды в конце своей эволюции взрывом выбрасывают в окружающее пространство большую часть своей массы, а остаток, с массой меньше критической, опять-таки превращается в белый карлик или нейтронную звезду. Но такой путь эволюции большинству ученых представляется весьма маловероятным. Во всяком случае, расчеты показывают, заключает И. Д. Новиков, что если звезда, после исчерпания ядерного горючего, сжатия и возможных процессов сбрасывания внешних оболочек, сохраняет массу, все еще превышающую критический предел, равный примерно двум солнечным массам, то даже действие огромных сил давления сверхплотного ядерного вещества не сможет остановить нарастающий процесс сжатия.

Начинается (повторяем, по скрупулезнейшим расчетам специалистов!) так называемый гравитационный коллапс: вещество звезды «рушится» к центру, причем, согласно теории относительности, за доли секунды (для наблюдателя на самой звезде) или за миллиарды и миллиарды лет (для «стороннего» наблюдателя). При этом

само вещество претерпевает качественные изменения. Мало того, поразительным для наших привычных представлений образом меняются свойства вообще пространства и времени и в конечном счете достигается предел, за которым и время и пространство распадаются на свои элементарные частицы — кванты. Материя остается материей. Но появляются удивительные (для нас!), новые, труднопредставляемые физические процессы, проявляются новые, возможно еще не до конца понятые нами, законы природы.

Такое принципиально, качественно новое состояние вещества во Вселенной астрофизики назвали «черной дырой».

Предполагают, что массивные «черные дыры» образуются после «смерти» массивных звезд. Существование такой «дыры» подозревают в центре нашей Галактики, а также в далеких квазарах, во взрывающихся ядрах галактик.

Некоторые ученые высказывают даже предположение, что большая — во всяком случае, значительная — часть вещества нашей Вселенной как раз и заключается в «черных дырах».

Пока что — к 1987 году — «черные дыры» обнаружены (вероятно!) лишь по косвенным признакам. В некоторых так называемых двойных звездах, то есть в «сопряженных» друг с другом парах звезд — обычная в Галактике картина, гораздо более распространенная, чем звёзды-одиночки типа нашего Солнца,— одним из двух компонентов, как подозревают, как раз и является «черная дыра». Дело в том, что вещество одного из компонентов как бы «закручивается» вокруг другого и падает на поверхность последнего, образуя так называемый «аккреционный»[1] диск. При этом выделяется так много энергии, что излучение из диска выходит в основном в виде очень энергичных рентгеновских фотонов. Вот по этому рентгеновскому излучению от тесных двойных звездных систем ученые и судят о возможности наличия в них «черной дыры». Планируются эксперименты по регистрации гравитационных волн, идущих от таких объектов.

[1] Аккреция (от лат. accretio — приращение, увеличение) — гравитационный захват вещества и последующее его падение на космическое тело (например, на звезду) под действием гравитационных сил. При этом выделяется гравитационная энергия.

Возможно, с помощью этих экспериментов теория существования «черных дыр» получит еще более обоснованные доказательства. Что ж, подождем — увидим.

ИЗ ЧЕГО РОЖДАЮТСЯ ЗВЕЗДЫ

Мы говорили, что большинство астрономов считает: звезды, а также планеты и малые небесные тела образуются в результате взаимного притяжения частиц газово-пылевых облаков, широко рассеянных по всей Вселенной. Из рассеянного между звездами огромного количества газа и пыли, часто образующих, так сказать, своеобразные «межзвездные облака», и до сих пор продолжают рождаться звезды. Ученые доказывают, что и сейчас можно наблюдать инфракрасное излучение протозвезд в стадии их окончательного формирования из межзвездных пыли и газа.

За последние годы обнаружено, что межзвездные газовые облака содержат разнообразные молекулы, вплоть до довольно сложных, состоящих из десятка и более атомов (открыты, например, молекулы, содержащие 13 атомов). Некоторые астрономы в связи с этим выдвинули даже предположение, что жизнь зародилась из сложных молекул в межзвездных облаках, а потом оттуда попала на планеты. И хотя такая гипотеза пока не имеет никаких подтверждений и не получила признания, все же она достаточно красноречиво свидетельствует о прогрессе наших знаний о Вселенной. Ныне даже и речи быть не может о существовавших когда-то представлениях, будто между звездными системами во Вселенной царит «космическая пустота». Как видим, говорить о «пустоте» в космических пространствах можно примерно с такой же относительностью, с какой мы иногда говорим о «пустоте» в лабораторных вакуумных установках. Лишний раз подтверждается древняя истина о том, что природа не терпит пустоты...

Впервые астрономы обнаружили межзвездное вещество, наблюдая Млечный Путь — полосу свечения, опоясывающую все небо. В некоторых местах полоса Млечного Пути как бы раздваивается. Выяснилось, что кажущееся раздвоение обусловлено поглощением света звезд невидимыми пылевыми частицами. Более детальное изучение поглощения света от звезд позволило обнаружить как

частицы, состоящие из миллионов атомов (пыль), так и отдельные атомы или молекулы (газ). Анализ спектров излучения звезд, прошедшего сквозь облака межзвездного вещества, помогает распознать различные виды атомов и молекул в облаках, определить количество частиц различных сортов и общие характеристики тех или иных космических «облаков».

Правда, подавляющее большинство открытий в этой области сделано всего лишь за несколько последних лет, и разумно предположить, что еще более поразительные открытия — впереди. К настоящему времени ясно, что в межзвездных облаках непрерывно образуются, распадаются и снова образуются молекулы различной степени сложности. Иными словами, идет химическая эволюция молекулярных облаков. Но нам пока неизвестно, как далеко зашла эта эволюция и какие типы сложных молекул могут возникнуть в космических облаках. Не знаем мы также, как существование межзвездных молекул связано с существованием молекул на поверхностях планет. Что ж, не знаем,— надо надеяться, со временем узнаем...

Важно подчеркнуть, что, по современным представлениям, звезды и планеты не только сами рождаются из газово-пылевых облаков, но и, в свою очередь, рождают их, точнее, частично как бы «возвращаются» в газопылевое состояние. Как говорилось выше, астрономы полагают, что известное количество пылевых частиц во Вселенной (а возможно, и все они) образуется в атмосферах «холодных» звезд, откуда они выносятся в межзвездное пространство. Кстати, истечение газа и пыли из звезд непосредственно наблюдается с помощью оптических телескопов, с которых ведется наблюдение в ультрафиолетовом диапазоне за пределами земной атмосферы.

Очень важно, что звезды возвращают в межзвездную среду не прежнее вещество, а вещество, обогащенное тяжелыми элементами, которые «сварились» в звездных недрах в результате реакций термоядерного синтеза.

...Это случилось очень давно, в 1054 году, в Китае. Однажды придворные астрономы, взглянув на небо, увидели новую звезду. Свет ее был так ярок, что звезда была видна и средь ясного дня. Около двух лет сияла эта звезда на земном небосводе. Свет ее постепенно слабел, таял, и настал час, когда астрономы вынуждены были сказать: «Звезда погасла».

В начале XIX века на том месте, где более семи с половиной веков назад вспыхнула яркая звезда, озадачившая древнекитайских астрономов, их французские коллеги обнаружили странную, словно бы расползающуюся туманность, имеющую вид сетки светящихся газовых волокон, окружающих светящуюся аморфную массу. Туманность назвали Крабовидной. Она расползалась с огромной скоростью — тысяча километров в секунду! Это дало основание ученым прийти к выводу, что около тысячи лет назад она занимала значительно меньшее пространство и была той самой звездой, что обнаружили китайцы в XI веке в созвездии Тельца. Все эти факты позволяют говорить о том, что на небосводе несколько тысячелетий назад именно в этой точке космического пространства вспыхнула звезда, и свет от нее шел до Земли тысячелетия, пока не был увиден землянами.

Так проявляют себя взрывы сверхновых звезд, во время которых синтезируются еще более тяжелые элементы (тяжелее железа), чем в недрах звезд. Расплывающаяся туманность — остаток вспышки «сверхновой» — обогащает межзвездную среду этими тяжелыми элементами.

ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ВСЕЛЕННОЙ

Ну, а что же конкретно дал прогресс астрономии, астрофизики, космологии в развитии наших представлений о мироздании?

Вот как выглядит прошлое, настоящее и будущее Метагалактики в современной космологической литературе.

Что было до начала расширения Вселенной? Что конкретно могла представлять собою «предвселенная»? Об этом достоверно пока что ничего не известно. Предполагается лишь, что это было качественно иное состояние материи, к которому неприложимы привычные нам мерки. Когда физики говорят о том, что при определенных условиях пространство и время могут распадаться на отдельные составные частицы — кванты, или о том, что время и пространство способны «замкнуться сами на себе» (нам еще предстоит вернуться к этому вопросу), то такие словосочетания понятны лишь самим физикам. Прочим непосвященным достаточно знать, что Вселенная образовалась не просто из чего-то бесконечно малого и пре-

вращается в нечто столь же бесконечно большое, а гораздо сложнее: из одного качественного состояния материи, к которому неприложимы наши представления о времени и пространстве, в совершенно новое качественное состояние, для которого эти представления только и действительны.

Непонятно? Невероятно? Что ж, для наших предков столь же непонятным и невероятным было представление о том, что Земля — круглая и тем более что она вращается вокруг Солнца, а не наоборот. Тут выход из положения один: основательнее изучать физику.

Ученые называют это качественно иное исходное состояние, предшествовавшее настоящему состоянию Вселенной, начальной сингулярностью[1]. Почему такое состояние прекратилось и стало переходить в качественно новое (произошел Большой Взрыв!) — науке также пока достоверно не известно (хотя теория начальных фаз выхода из сингулярности постепенно начинает складываться: уже появился ряд весьма конструктивных научных гипотез). Зато досконально разработан учеными механизм Большого Взрыва и на этом основании довольно подробно излагается история Вселенной.

Теоретические расчеты показывают, что из «сингулярного» состояния в качественно иное Вселенная превратилась за ничтожную долю секунды. Эта стадия ускоренного расширения получила название «раздувающейся» Вселенной. По самым скрупулезным расчетам, за период с 10^{-43} секунды по 10^{-32} секунды с начала расширения все размеры во Вселенной увеличились в 10^{50} раз. Человеку, не посвященному в тайны физики, такие колоссальные величины ровно ничего не говорят. Чтобы осознать их колоссальность, надо сопоставить их с чем-то наглядным. Например, это на несколько порядков больше, чем отношение между стотриллионной долей секунды и временем существования Метагалактики.

Но состояние «раздувающейся» Вселенной неустойчиво. В результате возникают неоднородные области — домены, каждый из которых начинает развиваться сообразно собственным особенностям. Профессор И. Д. Новиков, из книги которого, посвященной современным научным представлениям о Вселенной, мы почерпнули вышепри-

[1] От латинского слова singularis — отдельный, особый.

веденные данные, образно сравнивает этот процесс с фазовым переходом жидкости в твердое состояние, когда из воды (однофазовое состояние) образуются кристаллики льда (другое фазовое состояние). Получаются домены с различной ориентацией осей кристаллической решетки в каждом из доменов.

Так вот, мы с вами оказались в одном из доменов «раздувшейся» Вселенной, который расширяется так, как мы это наблюдаем: в виде «разбегания» галактик. Наша Вселенная расширяется по хорошо изученным и теперь уже более или менее привычным нам законам. Ее расширение тормозится самым обычным тяготением. Ее размеры к нашему времени увеличились еще примерно в 10^{25} раз и составили примерно 10^{33} световых лет. Между тем размер наблюдаемой части Вселенной «всего» около 10^{10} световых лет.

Следовательно, заключает И. Д. Новиков, если домены, как следствие фазовых переходов в далеком прошлом Вселенной, действительно существуют, то они огромны. Мы живем в одном из таких доменов, где-то внутри него. «Стенки», отделяющие наш домен от другого, лежат на расстоянии около 10^{33} световых лет от нашей Галактики, а видим мы вокруг себя лишь сравнительно небольшую часть домена (10^{10} световых лет). Внутри домена распределение вещества в больших (по нашим меркам) масштабах однородно. Но на «стенках» все может выглядеть совершенно иначе. А уж за «стенками» — тем более.

Итак, наша однородная Вселенная в колоссальнейших, с нашей точки зрения, масштабах далеко за горизонтом видимости вполне может оказаться неоднородной. Та Вселенная, которая совсем недавно казалась нам бесконечностью,— всего лишь наш домен, за которым могут быть другие домены, а наряду с последними могут существовать иные вселенные.

О прошлом Вселенной физики судят по наблюдаемым процессам и явлениям, по тем «следам», которые прошлое оставило в настоящем. В отношении будущего подобных «опорных пунктов» не имеется. Но ученые считают, пишет И. Д. Новиков, что тем не менее фундамент физических и астрофизических знаний сегодня уже настолько прочен, что позволяет с достаточной степенью вероятности прогнозировать отдаленное будущее Вселенной.

Как уже говорилось, это зависит прежде всего от того,

будет ли она вечно расширяться или со временем расширение сменится сжатием. Рассмотрим для начала прогнозный сценарий неограниченно расширяющейся Вселенной. Какие процессы произойдут в этом случае?

Один из таких процессов ныне ни у кого не вызывает сомнений: звезды в будущем погаснут. В том числе и наше Солнце. «Звездная эра» эволюции Вселенной, по расчетам, закончится примерно через 10^{14} лет. Это в десять тысяч раз больше времени, прошедшего от Большого Взрыва до наших дней. Так что времени впереди, можно сказать, непредставимо много.

Другой процесс более гипотетичен. Это — разрушение галактик. Предполагается, что некоторые остывшие звезды на периферии будут одна за другой покидать нашу Галактику и превращаться в межгалактических странников. А центральная часть Галактики будет постепенно сжиматься, звезды все чаще будут сталкиваться друг с другом, превращаясь в газ, и, наконец, сольются в общую массу — «черную дыру», об удивительных свойствах которой уже говорилось выше. Процесс разрушения галактик и превращения их в «черные дыры», по расчетам, закончится примерно через 10^{19} лет, когда все звезды давно уже погаснут.

Еще позднее, через 10^{32} лет, все ядра вещества нашей Вселенной полностью распадутся (предполагается, что время жизни протона — одного из основных компонентов ядра — составляет как раз такую величину). Оставшиеся погасшие звезды и планеты, а также межзвездная пыль превратятся в фотоны и нейтроны, межзвездный газ — в крайне разреженную плазму. Начнется, так сказать, эра излучения. Но и излучение постепенно ослабеет, все больше частиц окажется затянутыми в «черные дыры». На смену эре излучения придет эра «черных дыр». Однако и «черные дыры» тоже не вечны. Теоретически, вещество, заключенное в них, должно постепенно «испаряться», превращаясь в фотоны, нейтрино, гравитоны. В течение 10^{69} лет исчезнут «малые черные дыры», образовавшиеся на месте погасших отдельных звезд, а через 10^{96} лет такая же участь постигнет и «большие черные дыры» на месте ядер галактик. Вновь наступит «эра излучения», только на сей раз более холодного, более слабого, чем в предыдущем случае.

Через 10^{100} лет во Вселенной останутся только элект-

роны и позитроны, рассеянные в пространстве с невообразимо малой плотностью: одна частица в объеме пространства, в 10^{185} раз превосходящем объем наблюдаемой в настоящее время Вселенной.

И тем не менее, по мнению известного американского физика Ф. Дайсона, даже при таких условиях возможны сложные формы движения материи, включая разумную жизнь — пусть в совершенно непривычных для нас формах. Пульс жизни, утверждает ученый, будет биться все медленнее, но никогда не остановится.

Что касается второго прогнозного сценария, согласно которому расширение Вселенной достигнет определенного предела, а затем сменится сжатием (причем теоретически возможно бесконечное «пульсирование» Вселенной), то он в первой — и главной — своей части совпадает с предыдущим, поскольку расширение прекратится не скоро и гибель звезд, а возможно, и разрушение галактик неизбежны. Разумеется, на стадии сжатия процессы могут принять качественно новый характер, но гигантские масштабы времени перехода от одного состояния Вселенной к другому и здесь останутся впечатляющими. А в итоге — вновь сверхплотное вещество, в котором время и пространство непостижимым для нас образом вновь распадаются на свои кванты, то есть наступает принципиально иное состояние материи.

И повторится ли новый цикл в прежнем виде? Повторится ли он вообще? Неизвестно. Поразительно даже, что наука осмеливается задаваться подобными вопросами на современном уровне ее развития. Впрочем, это делает ей честь. Вот уж поистине: Человек — это звучит гордо. Особенно когда он дерзновенно посягает на величие тайны Вселенной.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ МАТЕРИИ

Сотая степень чего бы то ни было — и уж тем более лет — это абсолютно непредставимо для человека.

Тем не менее человек устроен так, что для него неприемлема никакая пессимистическая перспектива, пусть даже через десять в сотой степени лет. Как мы видели, некоторые ученые считают возможной разумную жизнь даже при условии, когда от электрона до электрона будет

дальше, чем сегодня от нашей Галактики до самых отдаленных галактик Вселенной. Другие ученые выражают уверенность, что, познавая все более глубокие закономерности окружающего мира, человек со временем приобретет возможность управлять еще более — и все более — сложными природными процессами. Не исключено, что через миллиарды лет, а то и раньше он — а точнее, созданные им «кибернетические организмы» — сумеет изменять по своему усмотрению течение явлений не только планетарных, но и звездных, а возможно даже галактического, масштабов.

Много лет назад, когда автор этих строк впервые пытался заглянуть в далекое будущее Земли и человечества, он задумался над конечным смыслом существования человечества (полагая, что конечный смысл жизни человека — служение человечеству, подобно тому как атом в клетках человека служит человеку). И увидел этот смысл в активном воздействии на процессы галактических масштабов, в «рационализации материи», как он тогда сформулировал свою мысль. Человек осознает, писал он, что гомо сапиенс — не просто пассивный объект эволюции высших форм материального мира, но и активный субъект этой эволюции, разумное существо, ускоряющее, преобразующее и направляющее эту эволюцию.

Сегодня эта мысль подкрепляется прогнозными разработками специалистов, действующих во всеоружии современной науки.

По современным научным представлениям (мы излагаем теорию советского ученого Н. С. Кардашева), могут существовать цивилизации трех порядков.

Цивилизация первого порядка овладевает энергией в масштабах своей планеты. Совсем недавно сказали бы: полностью покоряет себе природу своей родной планеты. А сейчас говорят более точно: находит способы существования в полной гармонии с природой своей планеты. В настоящее время земное человечество постепенно приближается к такому состоянию.

Цивилизация второго порядка овладевает энергией в масштабе своей звездной системы (для нас — Солнечной системы). Это означает, что она, так или иначе, осваивает все планеты, обращает себе на пользу все прочие небесные тела в пределах данной системы и стремится использовать по возможности каждый фотон излучения светила, да-

ющего ей жизнь. Такое состояние вполне возможно для человечества грядущих веков, и уж во всяком случае — тысячелетий.

Наконец, цивилизация третьего порядка (сверхцивилизация, суперцивилизация) овладевает энергией в масштабах Галактики. Нам сейчас трудно представить, как это может выглядеть на деле. Разве что со временем прочитаем в каком-нибудь научно-фантастическом романе, как прочитали тридцать лет назад в уже упоминавшейся «Туманности Андромеды» И. Ефремова о грядущей «Эпохе Большого Кольца» множества цивилизаций нашей Галактики, образовавших единую информационную систему.

Ясно лишь, что цивилизацию третьего порядка вряд ли будут составлять представители рода гомо сапиенс. Наверное, существовать в галактических масштабах времени и пространства будет гораздо удобнее соответствующим организмам, которые создаст человек. И как знать, может быть, первые «клетки» такого рода организмов уже складываются в виде современных — пока еще сравнительно несовершенных — компьютеров?..

Кроме всего сказанного выше, важно добавить, что в процессе дальнейшей эволюции материи могут возникнуть и непредвиденные качественно новые условия, способные породить неизвестные нам процессы и вызвать к жизни неизвестные нам силы, которые существенным образом могут повлиять на ход событий и в корне изменить ситуацию.

Что ж? Прогнозные сценарии уточняются. А научная прогностика остается. И поднимается на следующую, еще более высокую ступень. И дает еще более содержательные выводы в качестве информации к размышлению, руководства к действию.

Наука — и, в частности, астрономия, астрофизика, космология — поднялась сегодня на такую ступень развития, когда ставится вопрос о Вселенной как об определенной системе. Мало того, как о самоорганизующейся системе (что, кстати сказать, дает основание предполагать наличие внеметагалактических образований). Когда в основу космологических воззрений закладывается так называемый антропный принцип, то есть судьбы Вселенной напрямую связываются с судьбами человека и человечества, что всего несколько лет назад показалось бы неслыханной дерзостью, а сегодня, с началом революции в

астрономии, представляется ученым вполне логичным и естественным.

Ученые задаются вопросом, не являемся ли мы свидетелями процессов определенного типа в нашей Вселенной только потому, что другие процессы, возможно, протекают без свидетелей? И отвечают на такой вопрос допущением уже упоминавшейся нами возможности множественности вселенных. Они задаются также вопросом, не должна ли наша Вселенная быть как раз такой, какова она есть, чтобы в ней на определенном этапе эволюции оказалось возможным существование наблюдателей, подобных нам? Иными словами, не представляется ли возможным, что объективные свойства нашей Вселенной как раз таковы, что на определенном этапе эволюции привели к закономерному появлению познающего субъекта — человека? Если бы свойства Вселенной были иными, то ее, может быть, попросту некому было бы изучать?

С новой силой разгорается дискуссия: появление во Вселенной нашей земной цивилизации — случайность или закономерность?

И в ходе дискуссии раздаются голоса: «Не исключено, что в каком-то отдаленном будущем человечество, согласно идеям К. Э. Циолковского, сможет «проектировать» определенные свойства космических объектов в соответствии со своими целями и потребностями — подобно тому, как сейчас оно это делает на Земле» (мы цитируем все ту же статью из «Вопросов философии», на которую ссылались выше).

Но для этого требуется дальнейший прогресс науки, в том числе астрономии, астрофизики, космологии.

А теперь возвратимся из бескрайних просторов Метагалактики и Галактики в нашу родную Солнечную систему.

Глава 4. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

ЗАУРЯДНАЯ ЗВЕЗДА И ЕЕ ДЕВЯТЬ СПУТНИКОВ

По современным научным представлениям, Солнце, планеты (включая Землю) и все другие тела Солнечной системы образовались из единого газово-пылевого облака

или туманности около 5 миллиардов лет назад. Астрономы полагают, что облако возникло в одной из ветвей нашей Галактики, сделавшей к тому времени несколько десятков оборотов вокруг своей оси приблизительно по 200 миллионов лет каждый. Постепенно уплотняясь под влиянием гравитационного сжатия и убыстряя свое вращение, оно приобрело форму диска. В результате все большего уплотнения вещество облака разогревалось и в центральной части достигло таких высоких температур, что там начали развиваться ядерные реакции. В дальнейшем из центральной части образовалось Солнце, а из сгущений на периферии диска — планеты, обращающиеся вокруг светила, спутники многих планет, малые планеты — астероиды, кометы и другие малые тела Солнечной системы (так называемые метеоритные тела).

Различных небесных тел в Солнечной системе — неисчислимое множество. Число одних только комет — сравнительно крупных тел, большинство из которых обращаются вокруг Солнца на очень далеких орбитах, в десятки и сотни тысяч астрономических единиц[1],— достигает, по-видимому, сотен миллиардов. Под воздействием возмущений со стороны близких к Солнечной системе звезд и газово-пылевых облаков орбиты некоторых комет претерпевают такие изменения, что кометы подходят близко к Солнцу и становятся доступными наблюдениям с Земли. К настоящему времени зарегистрировано несколько сотен комет, но каждый год в реестры заносится десяток-другой ранее неизвестных небесных странниц.

Комета состоит из ядра диаметром в несколько километров, «головы» — газово-пылевой оболочки диаметром в десятки и сотни километров, которая ярко светится под воздействием солнечного излучения, и «хвоста» также светящихся газово-пылевых частиц длиною в миллионы километров.

Кстати, одна из наиболее ярких — комета Галлея (ее период обращения вокруг Солнца — около 76 лет) — в 1986 году прошла в очередной раз совсем «близко» от Солнца (по космическим масштабам, разумеется), «всего лишь» на расстоянии нескольких десятков миллионов ки-

[1] Астрономическая единица — единица расстояний в астрономии, равная среднему расстоянию Земли от Солнца (149,6 млн. км).

лометров. Ей наперерез устремились автоматические исследовательские межпланетные станции землян: две советские «Веги», перед тем, в процессе полета, «высадившие» на Венеру спускаемые автоматические исследовательские аппараты; два японских — «Сакигата» и «Суйсей» и западноевропейский — «Джотто».

Интерес к комете у ученых был чрезвычайный. Еще бы: по их предположениям, ядра комет представляют собой самый древний «строительный материал», из которого образовалась вся Солнечная система, в том числе и наша Земля. И предварительные результаты исследований, переданные на Землю[1], не обманули ожиданий ученых. Эти наблюдения, а также многочисленные прежние наблюдения с поверхности Земли показывают, что ядро имеет очень сложный состав. Некоторые из ученых выдвинули даже гипотезу о возможности возникновения жизни на Земле именно из такого рода сложных соединений, попавших на Землю при столкновении с ней ядра какой-нибудь кометы или даже многих комет.

Еще более многочисленны метеоритные тела — от мельчайших пылинок до глыб массой в десятки, если не в сотни тонн. Мы знакомимся с ними по «падающим звездам» — метеорам, полностью сгорающим в земной атмосфере, а также по метеоритам — остаткам метеорных тел, железным, железокаменным и каменным глыбам, которые долетают до поверхности Земли. Крупнейшие из них весят десятки тонн. Метеоритов так много, что астрономы говорят не просто о метеоритных телах, а о метеоритном веществе Солнечной системы, представляющем их совокупность и существующем наряду с газово-пылевым веществом, где пылинки — еще меньших масштабов.

Итак, недалеко от галактического экватора — не в центре Галактики, но и не на самой окраине — вспыхнула еще одна звезда, одна из сотен, или даже больше — миллиардов. Заурядная, средняя по своим данным, ничем особенным не выделяющаяся среди «соседок». Самая обычная звезда.

Среди множества небесных тел, вращающихся вокруг светила по различным орбитам и составляющих Солнечную систему,— комет и метеоритов — выделяются по сво-

---

[1] Полная обработка полученных материалов подобного рода обычно занимает несколько лет.

им масштабам девять планет, несколько десятков их спутников и несколько тысяч малых планет — астероидов. Планеты, эти наиболее массивные тела Солнечной системы, не считая самого светила, движутся вокруг своей звезды по определенным орбитам и светятся ее отраженным светом. Расположение планет в направлении от Солнца известно каждому школьнику: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон. Первые четыре планеты близки друг другу по размерам, химическому составу и средней плотности их вещества. Их так и называют планеты земной (или внутренней — по близости к Солнцу) группы. Последующие четыре относятся к группе планет-гигантов. Они резко отличаются от «земной группы» и по масштабам, и по химическому составу, и по средней плотности вещества. О Плутоне пока еще сравнительно мало данных, так как его, по малой величине и большой отдаленности, очень трудно наблюдать.

К планетам нам предстоит еще вернуться. А сейчас обратим взоры к нашему светилу.

НАШЕ СОЛНЦЕ

Солнце — это ближайшая к нам звезда Галактики, которая относится к разряду желтых карликов (то есть намного меньше по своим масштабам, чем звезды-гиганты), и, в отличие от белых и черных карликов, находится в зените своей активной жизни: ей предстоит светить еще по меньшей мере столько же миллиардов лет, сколько она светит.

Это — раскаленный, светящийся с поверхности газовый шар, образованный на 71% водородом и на 26,5% гелием. Масса Солнца составляет $2 \cdot 10^{27}$ тонн, что в 329 400 раз больше массы Земли, а его объем в 10^6 раз больше объема Земли. Плотность Солнца вчетверо меньше плотности нашей планеты, давление в его центре достигает 340 миллиардов атмосфер, а температура 10—15 миллионов градусов. Сочетание таких давлений и температур в центральной области Солнца и обусловливает там течение ядерных реакций, благодаря которым водород постепенно «переходит» в гелий.

По современным представлениям, Солнце состоит из

ряда концентрических сфер, каждая из которых обладает существенными особенностями. Энергия, освобождаемая термоядерными реакциями в недрах Солнца, постепенно прокладывает путь к поверхности светила. В глубинных слоях она переносится посредством процессов, в ходе которых атомы поглощают, переизлучают и рассеивают излучение, а также путем конвекции, то есть перемещением горячих порций вещества в направлении от центра к периферии, а холодных — в противоположном направлении.

Внутренняя сфера — ядро — это центральная область Солнца, где происходят термоядерные реакции. За ней идет сфера лучевого переноса энергии, состоящая из практически неподвижного и невидимого сверхвысокотемпературного газа (с постепенным понижением температуры газа от центра к периферии). Далее следует конвективная сфера, составляющая приблизительно две десятых солнечного радиуса. Она образована газом гораздо более низкой температуры, чем в предыдущей сфере, и, в отличие от нее, находящимся в состоянии бурного перемешивания, причем перемешиваются и потоки вещества, и потоки энергии.

За конвективной сферой начинается солнечная атмосфера. Она, в свою очередь, разделяется на три сферы: фотосферу, хромосферу и солнечную корону.

Фотосфера образуется раскаленным ионизированным газом, температура которого у нижней ее границы близка к 10 тысячам градусов, а у верхней границы (примерно через 300 км) — около 5000 градусов. При такой температуре раскаленный газ излучает электромагнитную энергию преимущественно в оптическом диапазоне волн. Именно этот нижний слой солнечной атмосферы, видимый как желтовато-яркий диск, и воспринимается нами зрительно как Солнце.

Хромосфера Солнца наблюдается при полном солнечном затмении у самого края затемненного диска звезды в виде ясно различимого розового сияния. Она не имеет резких границ, а представляет собой сочетание множества ярких языков пламени, находящихся в непрерывном движении, наподобие пожара в степи. Языки хромосферы (их называют спикулами) имеют в поперечнике от двухсот до двух тысяч километров и поднимаются в высоту на несколько тысяч километров. Это, по всей вероятности, вырывающиеся из Солнца потоки плазмы, раскаленного

ионизированного газа. Температура хромосферы вновь повышается от 8—10 тысяч градусов у ее нижней границы (по сравнению с пятью тысячами в верхних слоях фотосферы) до 15—20 тысяч градусов у верхней границы.

Солнечная корона — внешняя атмосфера Солнца. Она образуется весьма разреженным ионизированным газом, простирается на расстояние, равное примерно нескольким радиусам Солнца, имеет лучистое строение и слабо светится. Понятно, ее тоже можно наблюдать только во время полного солнечного затмения. Температура короны еще выше, поэтому степень ионизации газа в ней очень велика. Но, ввиду крайней разреженности этих газов, такая температура проявляет себя принципиально иначе, чем в недрах самого Солнца. Кстати, с аналогичным явлением мы встретимся ниже, когда обратимся к земной атмосфере.

Чтобы завершить общую характеристику нашего светила, необходимо хотя бы вкратце упомянуть еще о нескольких связанных с ним явлениях — о солнечных пятнах, о солнечных факелах, флоккулах и протуберанцах, наконец, о солнечной радиации и солнечном ветре.

Солнечные пятна — темные образования в разных местах солнечной поверхности — можно увидеть даже невооруженным глазом, просто через затемненное стекло. Они достигают в поперечнике многих тысяч километров, располагаются очень неравномерно, то в одиночку, то группами самой разной величины, существуют от нескольких часов до нескольких месяцев, а затем исчезают, и вместо них, в совершенно других местах, появляются новые пятна. В совокупности пятна и их скопления рассматриваются астрономами — «солнцеведами» как области на видимой поверхности светила с гораздо менее высокой, чем у соседних, более светлых областей, температурой (на одну-две тысячи градусов ниже). Увеличение и уменьшение числа пятен носит циклический характер, период колеблется в пределах от семи до шестнадцати лет — в среднем очередные циклы завершаются приблизительно каждые одиннадцать лет.

На краю солнечного диска, где заметно потемнение, поскольку там находятся верхние, более холодные слои нижней атмосферы, часто наблюдаются светлые факелы (не путать с упоминавшимися выше спикулами!), которые простираются на многие десятки тысяч километров.

Астрономы полагают, что они имеют несколько более высокую температуру, чем фотосфера, поскольку образующий их газ сильнее ионизирован. Над факелами располагаются светлые облака — флоккулы толщиною в тысячи и сотни тысяч километров и площадью от десяти до тридцати процентов поверхности солнечного диска. Флоккулы наблюдаются в спектральных линиях водорода либо ионизированного кальция.

Солнечные протуберанцы (не путать со спикулами и факелами!) — это особые формы неупорядоченного движения газов в солнечной атмосфере. Они имеют постоянно меняющуюся форму струй, фонтанов, арок, дерева, облака, столба дыма и т. д., причем газ может двигаться в них не только снизу вверх, но и сверху вниз, когда протуберанец зарождается в солнечной короне и тянется к солнечным пятнам. Высота отдельных протуберанцев может достигать полутораста тысяч километров. Физическая сущность природы протуберанцев раскрыта пока еще недостаточно. Тут много неразгаданных загадок.

Что касается солнечной радиации, то она представляет собой излучение электромагнитной энергии, которое, согласно господствующей ныне теории, происходит как бы отдельными порциями — квантами. Электромагнитное излучение имеет волновой характер, то есть каждому кванту с определенной энергией (а кванты электромагнитного излучения могут различаться по энергии в миллиарды раз!) свойственна волна излучения определенной длины. Мы уже говорили, что спектр электромагнитного излучения делится на диапазоны гамма-излучения, рентгеновского, ультрафиолетового, оптического, или светового, инфракрасного и радиоизлучения. Все это полностью присутствует в спектре солнечной радиации.

И, наконец, солнечный ветер — корпускулярное излучение, поток плазмы, раскаленного ионизированного газа солнечной короны (о котором мы тоже упоминали выше). Термин «корпускулярное» означает, что и в данном случае излучение осуществляется корпускулами, состоящими из ядер водорода, в меньшей степени гелия и других элементов, а также из электронов. При этом сила притяжения Солнца с расстоянием ослабевает и корпускулы «разгоняются» в космосе магнитным полем Солнца с нескольких десятков километров в секунду вблизи светила до нескольких сотен (точнее, до 450—800 км/с) вблизи

земной орбиты. Те небесные тела, которые имеют очень слабое магнитное поле (например, Луна), позволяют плазменному потоку солнечного ветра беспрепятственно достигать их поверхности. Когда же у планеты есть сильное магнитное поле (которым, например, располагает Земля), то оно препятствует проникновению потока плазмы, и тот вынужден обтекать планету, но взаимодействует с земной магнитосферой, порождая, например, полярные сияния.

Важно еще и еще раз подчеркнуть, что Солнце — основной источник энергии для всех биологических процессов, происходящих на земной поверхности. Биосфера вообще и человек в частности существуют на нашей планете только благодаря Солнцу.

Вот то, что, в общих чертах, известно о нашем светиле по данным современной науки.

Главное в этих знаниях — стало, в основном, понятно, почему Солнце ведет себя именно так, а не иначе: его поведение объясняется термоядерными процессами в недрах светила. Такова научная истина на сегодняшний день.

Но наука идет вперед, и было бы ошибкой считать, будто научные истины (в том числе и только что упомянутую) никто из ученых не пытается вновь и вновь «проверить на прочность», взять под сомнение, еще и еще раз поискать новых ответов на загадки природы. Будто в какой бы то ни было области науки — в том числе и в области исследований Солнца — все уже открыто и будущим ученым остается только излагать достижения своих предшественников. Нет, совсем напротив, и как раз исследования Солнца являют нам хороший пример поисков новых решений.

И вот...

«УЧЕНЫЕ БОЛЬШЕ НЕ ЗНАЮТ, ПОЧЕМУ СВЕТИТ СОЛНЦЕ»

Семинар специалистов — «солнечников» в Пулковской обсерватории напоминал остросюжетную драму. Докладчик рассказывает о наблюдениях, которые провели в Крыму астрономы А. Северный, Т. Цап и В. Котов. На лицах слушателей смятение. Скепсис у радиоинженеров: «Тут не знаешь, почему дает сбой созданный тобою же прибор, а докладчик пытается заглянуть в недра Солнца». Сом-

нения у астрофизиков: «Если не термоядерные реакции питают жар Солнца, то что же?..»

Открытие? Скорее — «закрытие». Даже два — одно сделано профессором Р. Дэвисом в США, другое — академиком А. Б. Северным в Крыму. Первый как бы заглянул в недра Солнца, второй обнаружил у него пульс. И оба пришли к неожиданному выводу: недра светила сравнительно «холодные».

Академик В. А. Амбарцумян в связи с этим замечает: «Ученые больше не знают, почему светит Солнце». От такого заявления можно впасть в отчаяние, ведь Солнце — нечто вроде пробного камня для астрономов. Не разгадать его тайн — значит капитулировать в поисках источников энергии звезд, в исследовании основ мироздания. Впрочем, может быть, рано отчаиваться?

Отправимся в поисках ответа в глубь времени. Знакомство с историей показывает: во все времена люди были уверены, что знают ответ на этот вопрос. Но, увы, глубоко ошибались. И в те далекие века, когда Солнце почиталось богом, а свет его — божественным даром. И позже, в «просвещенный» XVIII век, когда считали, что поверхность дневной звезды холодная, тепло же и свет излучает раскаленная солнечная атмосфера.

В середине XIX века обрел гражданство фундаментальный закон природы — закон сохранения энергии. Посчитав на его основе, сколько тепла испускает Солнце, ученые поразились: что за топливо питает эту гигантскую печь? Какое из известных тогда на Земле? Но если бы даже наша звезда состояла целиком, скажем, из нефти или угля, она, по расчетам, должна была бы сгореть за время существования человечества.

Ответ на вопрос, казалось, нашел в 1854 году известный немецкий физик Г. Гельмгольц. Он предположил, что светило наше разогревается за счет сжатия, уменьшаясь «всего» на 75 метров в год. Если учесть огромные размеры Солнца — радиус его 696 тысяч километров,— то до того, как оно станет величиной, скажем, с Землю, должны пройти миллионы лет!

Такой срок, в сравнении с тысячелетиями человеческой истории, может показаться вечностью. Гельмгольц гордился тем, что «дал» дневной звезде миллионы лет жизни. Однако в конце XIX — начале XX века в природе были обнаружены «радиоактивные часы» — вещества со

строго определенным периодом полураспада. «Стрелки» этих «часов» показали, что минералы существуют не миллионы, а миллиарды лет. Гипотезу Гельмгольца пришлось сдать в архив.

Атомный век открыл новые источники энергии. И когда Э. Резерфорд в Кавендишской лаборатории в Кембридже расщепил атомное ядро, его соотечественник А. Эддингтон заметил: «То, что возможно в Кавендише, не может оказаться трудным для Солнца». Еще в 20-е годы Эддингтон предположил, что в недрах нашей звезды бушует термоядерное пламя — такое же, сказали бы мы сейчас, как при взрыве водородной бомбы. А когда, много лет спустя, удалось эту бомбу создать, астрономы возвели термоядерную гипотезу в ранг теории.

Но вот астрономы открыли новые космические объекты — квазары. Они излучают в десятки раз больше энергии, чем самые мощные галактики. В сравнении с ними наше Солнце не более чем свечка на фоне доменной печи! Какие термоядерные «спички» могут зажигать эти чудовищные небесные костры? Источник их энергии пока точно не известен.

И вот сомнение В. А. Амбарцумяна: термоядерная гипотеза, утверждает он, не дала ожидаемых результатов для предсказания новых фактов в смысле разгадки тайн нашего светила.

Снова встал вопрос: почему светит Солнце?

ЗАГЛЯНУТЬ В НЕДРА!

Задача, которую поставили перед собой ученые, была трудной: мысленно пробиться сквозь адски горячие тысячекилометровые толщи Солнца и узнать, действительно ли термоядерная энергия питает светило?

Остановимся перед дерзостью этого замысла, снимем перед учеными шляпы: на такое не решались и фантасты. У писателя-фантаста Рея Брэдбери есть рассказ «Золотые яблоки Солнца» — его герои решились приблизиться к светилу и взять кусочек солнечного вещества. Но проникнуть мыслью в недра?..

«Никогда мысль человека не проникнет в глубины Солнца» — так если не писали, то думали многие из ученых. И возможно, они оказались бы правы, если бы

физики не обнаружили необыкновенную, удивительную, уже известную нам элементарную частицу — нейтрино.

Нейтрино, как мы уже говорили, обладает поразительной проникающей способностью: и Солнце и звезды для него проходимы. Оно, по выражению одного из ученых, способно пронзить целую галактику, если даже всю ее залить бетоном! Фантастическая частица. Какую же роль играет она на великой сцене природы?

Изучая звезды, ученые обнаружили, что несущийся из их недр нейтринный поток выполняет ту же функцию, что и пар, валящий из окна жарко натопленной бани. Только в «бане» этой жара — тысячи и тысячи градусов! Нейтрино отводит тепло. Без такого «охладителя» звезда взорвалась бы от перегрева.

О чем свидетельствует поток нейтрино? Выдвигается гипотеза: в недрах звезд, вопреки всем сомнениям, о которых упоминалось выше, все же бушует термоядерное пламя. Обоснование гипотезы: на полигонах, при взрыве водородных бомб, и в лабораториях, где «колдуют» над термоядерным синтезом, было обнаружено нейтрино! Конечно, здесь мы ступаем на тонкий лед аналогий, однако до недавних пор большинство ученых считало, что если обнаружится, что из глубин Солнца исходит поток нейтрино, то в высокой степени вероятно — там идет непрерывный термоядерный процесс.

Легко сказать — обнаружится. Из чего сделать приборы, фиксирующие «всепроникающего малютку»? Выход нашел академик Б. М. Понтекорво. Он предложил создать «нейтринный телескоп» — весьма странный инструмент: баки с раствором, применяемым обычно при химчистке. В эту жидкость входит хлор, который усиленно поглощает нейтрино и от столкновения с ним превращается в радиоактивный аргон. Обнаружили аргон — значит, здесь пронеслись нейтрино.

И вот — заброшенная шахта в американском штате Южная Дакота. Здесь, на полуторакилометровой глубине (чтоб уменьшить радиационный фон, мешающий исследованию), Р. Дэвис поставил свой «телескоп». Эксперимент длился несколько лет. В 1972 году на конференции в Венгрии американский ученый доложил результат: поток солнечных нейтрино оказался втрое меньше ожидавшегося.

Впоследствии эксперимент был продолжен. Но к на-

стоящему времени получен, в сущности говоря, лишь один реальный результат: поток солнечных нейтрино, которые должны рождаться в недрах нашего светила в ходе термоядерных реакций, оказался в несколько раз менее интенсивным, чем следует из теоретических соображений.

Дискуссия продолжается. Некоторые ее участники не устают во всем обвинять... нейтрино: это оно-де нестабильно и превращается в антинейтрино на пути к Земле. Но так ли это? Высказываются также предположения, что экспериментаторы искали не «те» нейтрино, и эксперименты надо видоизменить... Предположение, что в недрах Солнца якобы не идут термоядерные реакции, собрало немного сторонников.

«Солнце нездорово, хорошо бы прощупать его пульс»,— заметил один из ученых. Второй его поправил: «У Солнца не может быть пульса — к счастью».

Но открытие А. Б. Северного показало, что «пульс» у Солнца все же есть.

ВАЖНОЕ ОТКРЫТИЕ

Солнце очень спокойная звезда. Светит ровно. И все-таки пульсировать оно может. Правда, весьма незначительно, но с четко выраженной периодичностью.

В 1967 году А. Б. Северный предложил наблюдать Солнце «по-звездному». Что это значит?

Солнце — самая близкая к нам звезда. Поверхность его видна в телескоп: это вечно бушующий «океан». Исследователей заинтересовали не отдельные части этого океана, а весь он целиком. Для этого нужно было как-то «отдалить» наше светило, увидеть в нем звезду.

Сергей Есенин писал: «Лицом к лицу лица не увидать. Большое видится на расстояньи». А что в Солнечной системе больше Солнца? Ученым раньше даже в голову не приходило, что Солнце может оказаться пульсирующей звездой. Ведь характер пульсации звезды — как бы зеркало, в котором отражается строение ее глубин: распределение плотностей, шкала температур. Точно так же ученые изучают строение земного шара, фиксируя сейсмические волны, которые его сотрясают. Частые пульсации Солнца вроде бы подтверждали, что наше светило соответствует так называемым «стандартным звездным

моделям»: распределение плотностей, температура и давление в его недрах именно такие, при которых могут происходить термоядерные реакции.

Но все это требовало подтверждения. И вот крымские астрономы, опираясь на идеи А. Б. Северного, стали рассматривать Солнце как звезду — и обнаружили, что периодически каждые 160 минут поверхность Солнца то как бы удаляется от нас, то приближается к нам примерно на 10 километров. Учитывая огромный радиус светила, эффект смещения поверхности Солнца крайне мал. Тем не менее факт был очевиден: края Солнца то уходят от центра звезды, то приближаются к нему.

Что же из этого следует? Расчет показывает, что при таких пульсациях выглядят несостоятельными все прежние модели Солнца — плотность его растет не так быстро по направлению к центру (как считали многие ученые), а температура в недрах светила, возможно, ниже, чем предполагалось ранее.

«Холодные» недра Солнца? Можно сказать и так, потому что все на свете относительно. Во всяком случае, для того, чтобы там шли термоядерные реакции, по мнению специалистов, нужен «жар» гораздо больший!

Но может быть, просто произошла ошибка? Нет, ученые проверяли свои выводы много раз. Работали они на пределе точности приборов. Полгода никому не сообщали о результатах.

Полгода — большой срок при нынешних темпах развития науки. Но долго скрывать открытие было невозможно. В конце концов результаты наблюдений были опубликованы. С советскими учеными оказались полностью солидарны американские астрономы. Наблюдая Солнце в обсерватории Пик-дю-Миди (Франция), они обнаружили, что оно действительно пульсирует с периодом 160 минут.

Такое совпадение не могло быть случайным. Но принцип ученого: сто раз отмерь — один раз отрежь.

С помощью 22-метрового Крымского радиотелескопа, который считается одним из точнейших в мире, долго исследовали Солнце в невидимом диапазоне радиоволн. Подтвердилось: поверхность светила колеблется с периодом 160 минут.

Итак, Солнце пульсирует. Значит ли это, что все вопросы ясны и прежние гипотезы можно сдать в архив?

А. Б. Северный так не считает: предстоит большая работа — очень важно, в частности, определить характер пульсаций. Одно дело, если Солнце, упрощенно говоря, при пульсации несколько меняет свою форму, совсем другое — если оно раздувается и опадает наподобие детского воздушного шара. Для теоретиков различие этих явлений крайне важно, ибо оно приводит к разным выводам о «самочувствии» Солнца и температуре его глубин, о том, идут ли в недрах Солнца термоядерные реакции, как полагает большинство ученых (эта точка зрения является сейчас преобладающей в научной литературе), и если да — то какие именно, а если нет — то что же «питает» энергию нашего светила вместо них?

БЫЛО СДЕЛАНО МНОГО ПРЕДПОЛОЖЕНИЙ...

Однажды физику-теоретику Я. И. Френкелю принесли странную кривую, отразившую итоги научного эксперимента. Он ее объяснил. Затем выяснилось, что экспериментатор ошибся, он показал Френкелю чертеж вверх ногами. Кривую перевернули, и теоретик снова ее объяснил — никакого противоречия с теорией снова не обнаружилось.

Примерно то же самое произошло с открытием А. Б. Северного: теоретики сделали все возможное, чтобы оно согласовалось с гипотезой термоядерных реакций. Один из астрономов предположил, что раздувается не вся дневная звезда, а лишь ее будто бы плавающий на магнитной подушке поверхностный слой. С этой точки зрения, пульсации Солнца не отражают характер его глубин.

Нечто аналогичное произошло и с работой Р. Дэвиса. Его коллега Д. Фаулер предположил, что нейтрино не исходят из недр Солнца, потому что в настоящее время «термоядерная топка» там не горит. Но почему оно светит? Потому что в свое время «топка» горела. Кстати, из этого следует, что на Земле сейчас... ледниковый период. Кое-кто из ученых соглашается с этим. Действительно, в Антарктиде и в Арктике огромные толщи льда.

Ну, а что, если все-таки термоядерная гипотеза будет окончательно опровергнута? Ученые выдвигают новую гипотезу. Может быть, внутри нашего светила есть слои исключительной плотности. Может быть, они-то и всасы-

вают в себя солнечное вещество, порождая энергию Солнца.

Здесь, по крылатому выражению Нильса Бора, требуется качественно новая, «безумная» идея: те, что предлагают ученые для решения проблемы, кажутся слишком «обычными», при всей их экстравагантности.

Что же делать? Продолжать исследования. Правы древние: дорогу осилит идущий.

ЕЩЕ РАЗ О ПЛАНЕТАХ: ВОЗМОЖНА ЛИ «ВТОРАЯ ЗЕМЛЯ»?

Как мы уже знаем, Солнечная система возникла из сгущения в межзвездном газово-пылевом облаке, которое постепенно приобрело достаточную плотность, чтобы начать сжиматься под действием собственных сил гравитации. Облако должно было вращаться сначала медленно, а с уменьшением размеров все быстрее. Как фигуристка, которая прижимает к себе руки, чтобы ускорить вращение, замечают американские астрономы Д. Голдсмит и Т. Оуэн, из монографии которых «Поиски жизни во Вселенной» мы почерпнули научные данные об образовании Солнечной системы.

Первичное облако, полагают ученые, сначала имело размеры, в несколько тысяч раз превышавшие масштабы Солнечной системы. О былом нам напоминают сегодня только некоторые кометы, обращающиеся вокруг Солнца, которые уходят от него в наиболее удаленных точках своих орбит на огромные расстояния. Таким образом, кометы можно рассматривать как глыбы вещества, сконденсировавшегося в начале формирования Солнечной системы. Их орбиты отражают колоссальные масштабы «материала», из которого образовалась Солнечная система.

При сжатии газово-пылевого облака сила гравитации стянула вещество облака к его центру вдоль оси вращения. В результате совместного действия сжатия и вращения образовалось гораздо более плотное облако в форме диска. Плотность, естественно, оказалась максимальной в центре, где и началось образование Солнца. Ко времени, когда Солнце достигло достаточной плотности для того, чтобы в нем начались термоядерные реакции, в диско-

образном облаке под действием все той же «гравитационной неустойчивости» стали образовываться сгущения вещества на различных расстояниях от центра. Из них и возникли планеты.

Когда на Солнце начались термоядерные реакции и оно достигло современной светимости, температуры планет, особенно внутренних, значительно повысились. Д. Голдсмит и Т. Оуэн называют два решающих фактора, которые определили лицо каждой из будущих планет: размер протопланеты с соответственно небольшой силой гравитации и ее расстояние от Солнца. Планеты небольших размеров оказываются не в состоянии удержать легкие газы, особенно если они относительно близки к светилу и температура настолько высока, что легчайшие молекулы «убегают» из их атмосферы довольно интенсивно. В итоге все четыре планеты земной группы вблизи от Солнца потеряли значительную часть своего водорода и гелия спустя всего несколько сот миллионов лет после того, как Солнце окончательно сформировалось и начало светить. Напротив, четыре планеты-гиганта, значительно более удаленные от Солнца, на начальных стадиях образования имели гораздо более низкие температуры, поэтому они удержали почти весь свой водород и гелий.

Если бы Юпитер, заключают американские ученые, находился даже на орбите Земли, то есть в пять раз ближе к Солнцу, то он все же удержал бы значительную часть своего водорода и гелия, потому что его масса в 318 раз превосходит массу Земли и обладает значительно большей силой гравитации. С другой стороны, масса Земли оказалась бы приблизительно равной массе гиганта Сатурна, если добавить недостающие водород и гелий к имеющимся на ней запасам других элементов в той же пропорции, в какой они содержатся на Солнце и планетах-гигантах. Но в том-то и дело, что на таком расстоянии от Солнца, как наша Земля, такая планета не способна удерживать водород и гелий, приобретать гигантские масштабы.

Иными словами, чтобы образовалась такая планета, как наша Земля, необходимо уникальное сочетание множества самых разнообразных факторов, среди которых важнейшую роль играют масса и расстояние от светила, причем, как мы только что видели, даже эти два фактора находятся в теснейшей взаимозависимости друг от друга. Да и для становления Солнечной системы в том виде, в

каком мы ее видим сегодня, также потребовалось уникальное сочетание множества взаимозависимых факторов. Вот почему и планеты, и звездные системы в целом — как люди: со стороны очень похожи друг на друга, особенно по определенным типовым группам, а присмотреться — у каждого свое, неповторимое лицо.

Некоторые ученые полагают даже, ссылаясь на данные о содержании редкого изотопа алюминия в древнейших метеоритах, что стимулом к возникновению планет Солнечной системы в том виде, в каком они образовались, послужила вспышка сверхновой звезды определенных масштабов и на определенном расстоянии от будущего Солнца.

В еще большей степени такая уникальность относится к нашей Земле, и прежде всего — к возникновению жизни на ней.

Вот и получилось, что на сравнительно больших расстояниях от Солнца возникли планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун с массой, в десятки и сотни раз больше земной — «шары» из смеси сжиженного (в центре, возможно, даже твердого) водорода, гелия, а также метана, аммиака и других газов, непроницаемой для солнечного света сверхплотной атмосферой высотой в десятки тысяч километров. А на сравнительно малых расстояниях — планеты земного типа: Меркурий, Венера, Земля и Марс.

Особенности планет земного типа интересны нам не только сами по себе. Эти родственные Земле небесные тела, благодаря другим условиям существования, сохранили многие свои черты в том виде, который был характерен для начальных стадий существования Солнечной системы.

Изучая их, мы как бы заглядываем в далекое прошлое всей нашей Солнечной системы вообще и Земли в частности.

А ведь именно эта проблема и интересует нас прежде всего.

НАШИ СОСЕДИ

Посмотрим, что представляют собой планеты — «родственники» Земли.

Меркурий — планета, самая близкая к Солнцу. Период

его обращения вокруг Солнца — 88 земных суток, а период вращения вокруг своей оси — 59 суток. По величине, массе, внешнему виду и другим чертам он ближе к Луне, чем собственно к планетам. Перепады температур из-за близости к Солнцу на нем еще более значительны, чем на Луне. Некоторые ученые предполагают, что Меркурий в свое время был луной Венеры, ее ближайшим спутником. Потом, отделившись от нее по неведомым нам причинам, стал самостоятельной планетой.

В 1974 году земляне впервые увидели изображение Меркурия, переданное автоматическим телевизионным передатчиком с борта космического аппарата. Сходство внешнего вида Меркурия и Луны поразило ученых: все те же кратеры, «изъевшие» поверхность планеты, горы — несколько ниже лунных и «моря» (безводные, разумеется) — чуть поменьше «морей» Луны.

До появления космических аппаратов ученые могли строить лишь различные предположения относительно атмосферы Меркурия и Луны. Оказалось, оба небесных тела окружены слабой, очень разреженной атмосферой (и на Луне и на Меркурии давление атмосферы в тысячу миллиардов раз меньше, чем на Земле). И самое неожиданное, что «преподнесла» атмосфера Меркурия ученым,— ее состав: оказалось, что она состоит из аргона, неона, ксенона и гелия. Это одна из «индивидуальных» особенностей Меркурия — его характерная черта, так сказать, его «собственное лицо». А на поверхности планеты, сходной с Луной, предполагаются породы, близкие земным и венерианским.

Венера, как думали совсем недавно ученые, планета во многом близкая Земле. Они вообще считались почти близнецами. Венера лишь несколько уступает Земле в размере и массе. Но зато обе планеты окружены плотными атмосферами. Казалось, если уж предполагать наличие жизни на других планетах, то скорее на Венере, чем на Марсе.

И что же?

Прежде всего в дело вступила радиоастрономия. Ученые СССР и США установили, что Венера вращается совсем не так, как все планеты, начиная от Меркурия и до Сатурна. Она вращается вокруг своей оси в направлении, обратном направлению их вращения. А наклон оси ее вращения настолько мал, что на планете практически

почти нет смены времен года. Довольно давно, с помощью спектрального анализа, было установлено, что в атмосфере Венеры содержится большое количество углекислого газа. Но предполагали, что азота в ней все же больше, чем в земной атмосфере. Бо́льшая, чем на Земле, плотность атмосферы Венеры была очевидна из давних наблюдений. Но точных данных не было.

Наступила эпоха космических исследований. В 1966 году к Венере полетели две советские космические станции. Одна доставила на планету вымпел с гербом СССР, другая пролетела от нее на расстоянии 24 тысяч километров.

Затем 18 октября 1967 года с нашей межпланетной автоматической станции «Венера-4» был спущен аппарат, приборы которого произвели измерения в атмосфере планеты.

В 1969 году был осуществлен спуск на парашютах советских автоматических межпланетных станций «Венера-5» и «Венера-6». Они двигались в атмосфере планеты со стороны ее ночного полушария. Радиоинформация на трассе спуска поступала до того момента, пока температура окружающей среды не достигла 325° С, а давление — 27 земных атмосфер, после чего приборы вышли из строя.

Донесенные ими сведения были сенсационными: атмосфера Венеры почти сплошь состоит из углекислого газа. Содержание в ней других газов ничтожно — азота не больше 2%, если вообще он там имеется, кислорода — 0,1%, водяных паров — не больше нескольких десятых долей одного процента. Эта атмосфера прозрачна, она прилегает к поверхности планеты. А выше располагаются планетные облака. Дальнейшее изучение Венеры показало, что облака эти состоят из капелек концентрированной серной кислоты.

Следующая станция — «Венера-7» (1970) опустилась на твердую поверхность планеты. В месте посадки температура была равна 470° С, давление — 90 атмосфер, измеренная плотность атмосферы превышала земную в 60 раз.

Приборы «Венеры-8» (1972), опустившейся на дневной стороне планеты, показали, что из-за густой облачности на ее поверхности и днем царят сумерки.

Американская автоматическая станция «Маринер-10»

(1974) подтвердила «обратное» земному осевое вращение планеты и передала снимки, на которых отчетливо были видны облака и потоки в них — циркуляция верхней атмосферы.

В 1975 году «Венера-9» и «Венера-10» передали на Землю телевизионные панорамы поверхности Венеры. Впоследствии на ней радиолокационными измерениями с Земли были обнаружены кратеры. Похоже, что часть кратеров вулканического происхождения, и это, пожалуй, единственная зримая черта сходства Венеры с Землей. Во всем остальном планеты оказались совсем не схожи. Какие уж там «близнецы»!

За последнее десятилетие (1976—1985) поверхности Венеры достигли еще несколько космических кораблей с научной аппаратурой на борту, и наши знания об этой планете еще более умножились. Исследования продолжаются. Изучаются особенности венерианской атмосферы и поверхности литосферы. Идет радиолокационная съемка рельефа. В декабре 1984 года, вслед за «Венерой-15» и «Венерой-16», с Земли стартовали на Венеру две очередные советские автоматические станции («Вега-1» и «Вега-2», о которых мы уже упоминали). В июне 1985 года их посадочные аппараты спустились один в долине Русалки, другой — в северной части континента, названного Землей Афродиты (равной примерно по площади нашей земной Африке). Земля Афродиты, как и Африка, расположена в районе экватора. А в северных широтах находится Земля Иштар, напоминающая окруженное горными хребтами плато размером с Австралию. Только венерианские материки, в отличие от земных, разделяют не океаны, а пониженные пространства, наподобие высохшего океанского дна. Пробы грунта в трех различных районах поверхности Венеры показали, что исследованные породы различаются между собой и даже имеют различный возраст: одни — старше, другие, по всей вероятности вулканического происхождения,— намного моложе. Некоторые ученые считают, что поверхность Венеры во многом напоминает земную, какой она могла выглядеть миллиарды лет назад.

Впрочем, загадок все еще хватает. Материковая кора Венеры очень напоминает то, что мы видим на Луне и Марсе, а отчасти и на Земле. Значит ли это, что процесс образования всех трех небесных тел был одинаков — по

крайней мере, на первых этапах — или имелись существенные особенности? На Венере наблюдается необычное явление: весь ее облачный слой вращается вокруг планеты с востока на запад со скоростью урагана — около ста метров в секунду. Что поддерживает столь быстрое вращение? И таких загадок — бесчисленное множество. Их предстоит отгадывать новым и новым автоматическим исследовательским станциям, прежде чем к исследованию планеты приступят космические корабли с космонавтами на борту.

Марс, исследованный не меньшим числом советских и американских автоматических межпланетных станций, тоже предстает теперь перед нами в ином виде, чем казался раньше.

Начиная с 1964 года к Марсу почти ежегодно устремлялись советские «Марсы», американские «Маринеры» и «Викинги». Несколько из них сделались искусственными спутниками Марса. Спускаемая часть советской станции «Марс-3» в 1971 году впервые совершила мягкую посадку на поверхность планеты. Посадочные блоки американских «Викинга-1» и «Викинга-2» в 1976 году впервые передали фототелевизионное изображение его поверхности.

С тех пор поверхность Марса изучена, пожалуй, даже детальнее, чем поверхность Венеры. По характеру она очень напоминает лунную: много кратеров, как метеоритного, так, очевидно, и вулканического происхождения, диаметром намного больше земных. Такие же, как и на Венере, пониженные пространства — «моря» и «заливы», которые разделяют более высокие «материки» и «острова». Так, почти круглая марсианская Эллада диаметром около 1700 км лежит выше соседнего с ней Геллеспонта на 5,5 км. Одно из наиболее грандиозных ущелий, названное Копратом, имеет глубину свыше 5 км, ширину около 120 км и длину около 500 м — настоящая «глубоководная океанская впадина» (если бы, конечно, в марсианских «океанах» была вода). Перепады высот на Марсе, как и на Земле, вообще очень значительны: они достигают 27 км. Напомним, что на Земле расстояние от наивысшей точки земной поверхности (вершина Эвереста — Джомолунгмы) до наинизшей (дно Марианской впадины Тихого океана) составляет около 20 км.

Марс по площади намного меньше Земли, а его масса

составляет лишь десятую часть земной. Атмосфера очень разрежена. Она состоит, в основном, из углекислого газа (95%) с добавкой азота (1—2%), водяных паров $5 \cdot 10^{-3}$% и аргона (1,1%). При этом разрежена она так, как земная атмосфера на 35-километровой высоте, где невозможно дышать без кислородной маски. К тому же Марс почти на 57 миллионов километров дальше от Солнца, чем Земля, и интенсивность солнечного облучения на нем невелика. Средняя температура на поверхности почти на 80° С ниже, чем на Земле. Безбрежная песчано-скалистая пустыня, в которой свирепствуют сильнейшие песчаные бури. И только ближе к полюсам лежит тонкий слой льда или инея из замерзшей углекислоты и водяного пара.

И никаких «каналов», знаменитых «марсианских каналов», загадку которых не могли разгадать ученые в течение долгого времени, «каналов», вызывавших в умах землян мысль о существовании на соседней планете разумной цивилизации,— таких «каналов» в действительности не оказалось: просто цепочки впадин, сливающиеся для наблюдателя с Земли в «каналы».

Несколько слов о Плутоне. По размерам он вдвое меньше Земли[1], масса у него тоже несколько меньше. Солнце должно казаться с этой планеты просто яркой звездой. Интенсивность солнечного облучения ничтожна. Средняя температура на поверхности — минус 210 градусов по Цельсию. Но Плутон еще мало изучен, ведь это самая дальняя от Солнца и от Земли планета (правда, под вопросом остается еще одна — еще более удаленная планета, существование которой предполагают некоторые астрономы).

Космические исследования ближайших к Земле планет продолжаются. Они ставят перед учеными новые и новые проблемы.

Куда девалась вода на Венере? По многим признакам, насколько можно судить, она должна была быть в свое время на этой планете.

Почему сильные магнитные поля есть у Земли и Меркурия, а у Марса и Венеры очень слабые? Не говорит ли это о том, что пути развития Земли и Венеры разошлись сразу же после их рождения?

---

[1] Его экваториальный радиус — около 3000 км (по сравнению с 6378 км у Земли).

Почему в центрах кратеров Марса и Меркурия, образовавшихся от падения метеоритов, зияют вулканические жерла? Может быть, планеты изначально были «горячими», расплавленными, а не разогревались постепенно, благодаря сжатию и выделению радиоактивой энергии? Но тогда вся теория их происхождения, принятая в современной космологии, подлежит пересмотру. Во всяком случае, новые сведения, полученные космическими аппаратами о планетах земного типа, помогут исследователям правильнее ставить вопросы и вернее понять прошлое и настоящее этих планет, а в связи с ними также — историю возникновения и будущее нашей родной планеты.

СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

Самые крупные из малых небесных тел — спутники планет. В Солнечной системе их насчитывается несколько десятков. У Земли один спутник — Луна. Вокруг Марса вращаются два спутника, вокруг Юпитера — четырнадцать, у Сатурна — десять, у Урана совсем недавно было вроде бы только пять, но в начале 1986 года космические аппараты открыли шестой, затем еще два, и еще, и еще... Теперь их известно, как и у Юпитера, четырнадцать.

Все спутники имеют свои особенности, различны характеристики их взаимосвязей со своими планетами.

ПЕРВОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ ПО ЧУЖОМУ МИРУ

Луна. Спутник Земли. Самое близкое к нам космическое тело. С детства каждый человек на Земле включает ее в свои представления об окружающем мире. Солнце, Луна, звезды... Были, есть, всегда будут... Обычно, привычно, обязательно...

Луна — спутник Земли. Сегодня каждый школьник знает, что она обращается вокруг Земли и вместе с Землей вокруг Солнца, что она по диаметру в 3,6 раза меньше Земли и в 82 раза меньше ее по массе, а сила тяжести на ней в 6 раз меньше, что она раз навсегда повернута одной стороной к своей родной планете. Как выглядит ее обратная сторона, люди веками мечтали узнать, но свер-

шится ли это чудо и когда именно — даже не могли себе представить. Было общепризнано, что на Луне не должно быть ни воды, ни атмосферы, а горы высятся в виде круглых цирков.

Но вот 4 октября 1959 года автоматическая станция «Луна-3», запущенная в СССР, обогнула Луну и в течение 40 минут фотографировала ту ее сторону, которую человек никогда не видел. Телевизионные изображения с автоматически проявленных фотографий были переданы на Землю.

Затем искусственные спутники стали облетать Луну по разным орбитам. В результате полученных фотографий была составлена подробная карта обоих полушарий Луны. Затем на поверхность спутника нашей планеты спустились автоматические исследовательские станции землян.

Выяснилось, что на обратной, более высокогорной стороне Луны так же много кратеров, как и на обращенной к Земле. Новыми на невидимом нам полушарии спутника оказались круглые понижения со светлым дном, названные талассоидами — мореподобными. Кратеры на Луне получили по традиции имена выдающихся людей: Циолковского, Жюля Верна, Эдиссона, Менделеева, Гагарина. (Есть теперь на Луне и Море Москвы.)

Установлено, что многие крупные кратеры на Луне образовались при вулканических процессах, а не только от ударов метеоритов.

На лунной коре есть складки — горные цепи.

День на Луне тянется две земные недели и за это время ее поверхность накаляется до 125° С, а за двухнедельную ночь температура падает до 150° мороза.

В июле 1969 года двое американских астронавтов с космического корабля «Аполлон-II» опустились на Луну. Впервые человек ступил на другое небесное тело!

В общей сложности астронавты пробыли на Луне около 300 часов, из которых 80 находились вне кабины в безвоздушном пространстве. Они ходили по Луне, фотографировали ее, снимали кинофильмы, собирали лунные породы.

17 ноября 1970 года на поверхность Луны опустилась замечательная по своему техническому оснащению советская автоматическая станция — лунный самоходный аппарат — «Луноход-1». Опустившись в Море Дождей, она в течение десяти с половиной месяцев на своих ориги-

нальных колесах обследовала 80 000 кв. м лунной поверхности, изучала свойства грунта и его химический состав.

Движением «Лунохода-1» управляли с Земли. С помощью телевизионных установок советские ученые увидели свыше 200 лунных панорам и получили 20 тысяч фотографий.

Через три года на Луне был высажен усовершенствованный по сравнению с первым «Луноход-2». За более короткий срок он прошел большее расстояние, изучая лунный рельеф и свойства грунта.

Материалы и сведения, полученные современными средствами изучения Луны, показали, что в будущем наш спутник может быть исследован и использован как стационарная космическая база для дальнейшего освоения человеком космического пространства.

Но как образовалась Луна, точно ученые пока не знают. То ли она когда-то оторвалась от общего с нашей планетой газово-пылевого облака, то ли «сконцентрировалась» самостоятельно из частиц вещества, находившегося около Земли, то ли Земля захватила соседнюю планету и, сдвинув со своей орбиты, «закрутила» вокруг себя.

В последнее время интенсивно обсуждается еще одна возможность: молодая Земля столкнулась с небольшой планетой, железные ядра их слились, а осколки минеральной оболочки образовали вокруг Земли диск, из которого впоследствии и сформировалась Луна.

Какая из этих гипотез соответствует действительности? Это предстоит установить в ходе дальнейших исследований.

УДИВИТЕЛЬНАЯ ДОГАДКА ДЖОНАТАНА СВИФТА

Изучая поведение спутников планет, астрономы часто сталкиваются с интереснейшими загадками их происхождения и поведения.

Свирепый бог войны Марс давно поселен на соседней с Землей Красной планете. В 1877 году стало известно, что у Марса есть два спутника, два сторожевых пса, вечно сопровождающих бога войны. Названы они были не менее свирепыми именами — Фобос и Деймос, что означает «Страх» и «Ужас». Открытию этих спутников предше-

ствовала удивительная догадка не астронома, а писателя. Было это так.

В 1726 году, за 151 год до обнаружения учеными спутников Марса, рожденный творческим воображением Свифта Гулливер отправился в никогда не существовавшую страну Лапуту. Беседуя с тамошними астрономами, герой книги узнал, что «они открыли две маленькие звезды или спутника, обращающиеся около Марса, из которых ближайший к Марсу удален от центра этой планеты на расстояние, равное трем ее диаметрам, а более отдаленный находится от нее на расстоянии пяти таких же диаметров. Первый совершает свое обращение в течение десяти часов, а второй в течение двадцати одного с половиной часа, так что квадраты времен их обращения почти пропорциональны кубам их расстояний до Марса, каковое обстоятельство с очевидностью показывает, что означенные спутники управляются тем же законом тяготения, которому подчинены другие небесные тела».

Долгое время это утверждение Свифта считалось одной из многих его выдумок. Спутники Марса не попадали в телескоп. Крошечные марсианские луны так близко расположены к своей планете, что их слабый блеск теряется в ее сиянии. Но астроном А. Холл все же подстерег их и «поймал», как только они появились из-за Марса, с помощью самого мощного по тем временам (1877) телескопа. Оказалось, что ближайший к планете спутник Фобос удален от нее всего на 9400 километров. Деймос вращается на расстоянии 23 500 километров. Луна держится от Земли на более почтительном удалении. И по своим размерам эти тела не идут ни в какое сравнение с нашей Луной, они значительно меньше.

Марсианские сутки близки к земным. Деймос оборачивается вокруг планеты за время несколько большее — примерно за тридцать часов. А вот Фобос ведет себя совершенно ненормально. Он облетает Марс всего за 7 часов 39 минут. Это — единственный случай в Солнечной системе, когда период обращения спутника короче времени одного оборота планеты вокруг ее оси. Да только ли это: ни одна из девяти планет не имеет таких крошечных лун, которые к тому же держатся так близко к ее поверхности. В общем, очень странные у Марса спутники.

Когда эти сведения попали в печать, сразу же заго-

ворили об удивительной догадке Свифта. В самом деле, великий сатирик «предсказал» количество спутников Марса, их необычную близость к планете.

И все же у догадки Свифта были вполне осязаемые научные корни. Более чем за столетие перед тем И. Кеплер расшифровал анаграмму Галилея: «Привет вам, близнецы — Марса порождение!» Из этого он сделал вывод, что Галилей наблюдал около Марса две луны.

Получив известие об открытии первых четырех спутников, обращающихся вокруг Юпитера, И. Кеплер писал: «Я настолько далек от того, чтобы не верить в существование четырех планет около Юпитера, что тоскую по какой-нибудь зрительной трубе, чтобы предвосхитить... открытие двух планет около Марса, как это требует, по всей видимости, пропорциональность шести или восьми около Сатурна и, быть может, по одной около Венеры или Меркурия». Вот и разгадка «загадки» Свифта!

СКАНДАЛ В НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ

Спутники Марса сразу же привлекли к себе пристальное внимание ученых. И хотя наблюдать их чрезвычайно трудно, пулковский астроном Г. В. Струве в начале XX века с большой точностью рассчитал их орбиты. Однако, когда в 1945 году американский ученый А. Шарплес сравнил результаты своих наблюдений с расчетами Г. В. Струве, получилось недопустимое расхождение: всего за несколько десятилетий Фобос ушел от расчетной точки на 2,5 градуса вперед по орбите!

Небесная механика — точная наука. Такое расхождение в расчетах для астрономов — скандал. Вычисления Струве славились большой точностью. Впрочем, так же, как и расчеты Шарплеса. Оставался единственный вывод: оба ученых правы, а виноват... сам Фобос, это он ускоряет свое движение, и через 15 миллионов лет поплатится за это — упадет на Марс. Чем же объяснить такое «ненормальное» поведение Фобоса?

В поисках причины И. С. Шкловский перебрал один за другим возможные факторы влияния. Может быть, ускорение вызывается межпланетной средой? Притяжением другими небесными телами? Но эти явления сильнее

должны повлиять на более далекий от Марса Деймос. А он движется без ускорения. Магнитное поле Марса? Но расчеты показывают, что на Фобос оно существенно повлиять не в силах и тоже должно больше сказаться на движении Деймоса.

Рассматривалась и еще одна возможная причина: сила прилива в твердой оболочке Марса. Фобос своим притяжением вызывает в коре Марса приливный «горб», который в свою очередь притягивает к себе спутник. Но стоит предположить, что свойства коры Марса и Земли аналогичны, и эта версия тоже отпадает.

В 1959 году И. С. Шкловский выдвинул еще одну смелую идею, от которой, правда, впоследствии отказался: Фобос (а возможно, и Деймос) — творения разумных сил, вероятно, единственные памятники угасшей марсианской цивилизации, отсюда и «странности».

Смелая гипотеза И. С. Шкловского вызвала в свое время повышенный интерес к спутникам Марса. Но, как мы знаем теперь, полеты советских и американских космических аппаратов показали, что на Марсе нет следов разумной жизни. Мы уже говорили, что пресловутые «марсианские каналы», сфотографированные вблизи, оказались скоплением бесформенных впадин. Не удалось обнаружить и развалин хоть каких-нибудь марсианских сооружений. Неужели спутники — единственные памятники мифической марсианской цивилизации?

И вот долгожданный миг настал: Фобос в объективе космических кораблей. Фотографии свидетельствуют — он вытянут, имеет форму несколько удлиненной картофелины, наибольший его размер — 27 километров, наименьший — 18 километров. Он совершенно не похож на порождение Марса. Вряд ли сын Красной планеты может быть таким темным... Тщательный анализ полученных данных показывает: скорее всего, Фобос — это астероид, захваченный притяжением планеты.

Итак, Фобос — не памятник марсианской цивилизации, а естественное небесное тело. Спускаемые космические аппараты, специализированные для поисков жизни на Красной планете, не обнаружили на ней даже простейшего микроба... И все-таки пока нельзя сделать окончательный вывод, что Марс и в далекие времена был безжизненной планетой. А вдруг некогда условия на нем были благоприятны пусть хотя бы для микроскопических

живых существ? А вдруг высохшие русла на его поверхности — это все же русла рек? Опять вопросы, предположения. Что ж, на этом и стоит наука.

РАЗНООБРАЗИЕ МАЛЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ...

После экскурсии на Луну и на спутники Марса отправимся в экспедицию на малые небесные тела. Мы уже говорили, что они различны по величине и характеру движения. Но при всем разнообразии их роднит, если можно так выразиться, внешний вид и внешняя беззащитность.

Большая часть малых тел — просто несколько слепившихся пылинок, но иногда попадаются «слитки» весом в килограммы и тонны, а порой (сравнительно редко) целые «горы».

Мириады таких тел выписывают в Солнечной системе свои траектории. Они бомбардируют Меркурий, Луну, спутники других планет, сгорают в пламени Солнца или в атмосферах Венеры, Земли, Юпитера, Сатурна.

Только сравнительно крупные небесные тела — планеты и их спутники под воздействием сил сжатия приобретают шарообразную форму. Все остальные — от крохотных песчинок до 768-километровой «глыбы» Цереры — представляют собой «камешки» неправильной формы.

Малые небесные тела лишены атмосферы, их поверхность всегда под обстрелом множества видов космической материи — от солнечных и космических лучей до космических газов, пыли, метеоритов.

Есть малые небесные тела — кометы, которые обращаются вокруг Солнца по вытянутым эллиптическим орбитам, то приближаясь к светилу, то удаляясь от него. О них мы уже упоминали. Есть малые небесные тела, которые вращаются вокруг звезды подобно крупным планетам. Их так и называют — малые планеты, или астероиды. В Солнечной системе их насчитывается от 40 до 60 тысяч, в том числе 1650 сравнительно больших, от 1 до 768 километров в поперечнике.

Астероиды из пояса малых планет между Марсом и Юпитером иногда приближаются к Земле. Встреча с ними нашей планеты, конечно, крайне нежелательна, но...

ИКАР ИЗБЕГАЕТ СТОЛКНОВЕНИЯ

Едва ли американский астроном У. Бааде, внеся 26 июля 1949 года открытый им астероид в каталог малых планет, мог предвидеть, что это небесное тело, названное «Икаром», привлечет к себе внимание ученых мира. Крупных астероидов изучено более полутора тысяч, и Икар мало чем выделяется среди них. Диаметр его невелик, всего 1,5 км. Блеск Икара так слаб, что понадобился сверхмощный телескоп, чтобы его заметить, да и то удалось это в период, когда астероид ближе всего подошел к Земле.

Поражает орбита Икара. В перигелии (самая близкая к Солнцу точка орбиты обращающегося вокруг него небесного тела) он приближается к Солнцу на расстояние 27 млн. км. Даже Меркурий, самая близкая к нашему светилу планета, держится от него вдвое дальше. Только кометы «осмеливаются» подлетать ближе, но нередко расплачиваются за это своим существованием. А вот Икар как ни в чем не бывало возвращается из жаркого района вблизи Солнца и улетает в холодные дали Вселенной. Его афелий (самая дальняя от Солнца точка орбиты) находится за орбитой Марса.

Каждые 19 лет Икар пролетает вблизи Земли. В июне 1968 года они сблизились до 6 720 000 км. Ни одна малая планета не находилась от нас так близко. Даже минимальные расстояния до соседних Марса и Венеры во много раз больше.

Между орбитами больших и малых планет имеется важное различие. Большие планеты обращаются вокруг Солнца по почти круговым орбитам. В Солнечной системе нет сил, которые могли бы их свернуть с этих путей.

Другое дело — орбиты астероидов. Хотя девять десятых из них движутся вокруг Солнца по не сильно вытянутым орбитам, образуя астероидное кольцо между орбитами Марса и Юпитера, пути остальных напоминают пути следования комет, они представляют собой сильно вытянутые эллипсы. Икар имеет как раз такую орбиту.

Давно высказывалось предположение, что между Марсом и Юпитером была десятая планета Солнечной системы (расстояние между ними нарушает раскрытую учеными закономерность расстояний планет от Солнца). Позже здесь обнаружили астероидное кольцо. Ширина его ог-

ромна — 40 миллионов километров. Масса вполне может быть соизмерима с массами планет. Появилась гипотеза: астероиды — остатки десятой планеты?

Академик С. В. Орлов полагал, что в результате столкновения крупных небесных тел или под действием сил гравитации взорвалась и погибла десятая планета Солнечной системы. Он даже назвал ее Фаэтоном в честь мифического сына бога Солнца, рухнувшего на Землю вместе с небесной колесницей.

Взрыв Фаэтона мог объяснить аномалии астероидных орбит, в том числе и странности орбиты Икара. Однако по мнению других астрономов, Фаэтона никогда не было и быть не могло, хотя в космосе не раз происходили столкновения небесных тел.

Кто прав в этой дискуссии — покажут дальнейшие научные исследования.

Любители сенсаций задались вопросом: а не столкнется ли Икар при следующей «встрече» с Землей и не взорвется ли наша планета от такого столкновения?

Разумеется, от падения Икара наша планета не взорвалась бы. Масса астероида, хотя и огромная — 5 млрд. тонн, ничтожна по сравнению с земной. Однако для жизни на Земле это имело бы весьма неблагоприятные последствия.

При столкновении с Землей тела, летящего со скоростью 80 километров в секунду, произошло бы такое освобождение кинетической энергии, словно сдетонировали сотни миллиардов тонн взрывчатого вещества, более мощного, чем динамит. На суше могла бы образоваться колоссальная воронка. На море — гигантская волна цунами.

В общем, хорошо, что в 1968 году Икар прошел мимо Земли. Значит ли это, что и в будущем такая неприятная встреча никогда не состоится? К сожалению, пока что нельзя дать точного ответа: слишком мало времени прошло со дня обнаружения Икара и данных о его орбите накопилось пока немного.

Но надо полагать, что в будущем развитие космонавтики избавит нас от любых неожиданностей подобного рода. Человечество, вероятно, научится изменять орбиты астероидов, слишком близко подлетающих к Земле.

Один из теоретиков космонавтики, советский профессор А. А. Штернфельд, сравнил Икара с океанским кораблем дальнего плавания, путь которого проходит чуть

ли не сквозь всю Солнечную систему. Этот астероид, считает он, мог бы стать космодромом для ракет, стартующих на другие планеты. Там практически нет пут тяготения, отсутствует атмосфера — одним словом, отсутствуют те препятствия, которые приходится преодолевать кораблю, улетающему с Земли.

Икар — великолепное место для астрофизической лаборатории: здесь круглые сутки сияют звезды. К тому же астероид, так близко пролетающий от Солнца, мог бы помочь раскрыть его тайны.

Как заметил профессор К. П. Станюкович, Земле как раз необходима такая управляемая маленькая планета. Он считает, что в будущем, установив на Икаре ракетные двигатели, люди сумеют менять путь его следования.

К настоящему времени выдвинуто немало проектов обитаемого планетоида-астероида, внутри которого смогут жить и работать сотни людей. Вращение астероида, заданное ему двигателями, будет имитировать земную тяжесть. Из вещества астероида получат водород и кислород, а значит, в итоге — воду и воздух. Солнечные батареи будут снабжать станцию энергией. Каменная броня астероида защитит людей от ударов метеоритов, космического холода и испепеляющих лучей Солнца.

Между прочим, и независимо от астероидов имеются детально разработанные проекты обитаемой космической станции на несколько тысяч человек (в основном из лунного сырья).

Будущее покажет, подходят ли астероиды для роли обитаемых «космических станций» землян.

* * *

Как видим, ответы на вопросы, поставленные в начале этой книги,— что такое Вселенная? как она образовалась? как устроена? — ученые искали не умозрительно, а на основе наблюдений, последовательно разгадывая «загадки», которые задавала людям природа. Над их разгадыванием с помощью оптических телескопов, радиотелескопов и искусственных спутников Земли трудились специалисты, исследуя звезды и наше собственное светило, планеты Солнечной системы (включая астероиды), Луну и околоземное космическое пространство.

Было бы, конечно, явным преувеличением утверждать,

будто в результате проведенных исследований ученым все стало ясно, и о Вселенной отныне можно судить с такой же степенью определенности, с какой мы, благодаря науке, можем судить об особенностях происхождения и строения, допустим, кучевых облаков. Напротив, мы старались показать, что многие — очень многие! — вопросы, касающиеся основ мироздания, частицей которого являются Земля и человечество, все еще находятся на уровне научных дискуссий, рабочих гипотез, ждут для своего разрешения дальнейших исследований.

Но и тех выводов, к которым удалось прийти с достаточной степенью основательности на современном этапе развития науки, хватает для того, чтобы представить картину мироздания, поражающую воображение своей логической стройностью и убедительностью. В этом отношении современная наука безусловно оказалась на высоте.

Пусть созданная ею картина по мере дальнейшего научного прогресса в чем-то будет меняться. Все равно в общем она будет отражать достигнутую ступень знания, а не беспочвенные фантазии — вот что важно!

ЧАСТЬ II



Глава 1. МАКРОМИР — НЕ МЕНЕЕ СЛОЖНЫЙ ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЧТО МЫ ЗНАЕМ О НАШЕЙ ПЛАНЕТЕ

Земля. Наша родная планета. Единственная, насколько известно, из девяти планет и их спутников в Солнечной системе, где есть жизнь.

Краткая справка: третья от Солнца, обращается вокруг него по орбите, близкой к круговой, на расстоянии 149,6 млн. км за период, равный 365,24 суток-обращений вокруг собственной оси. Имеет довольно сильный наклон экватора к плоскости орбиты (23°27′ — по сравнению с 7° у Меркурия и с 3°23′ у Венеры), в силу чего происходит смена времен года. Период вращения вокруг оси — 23 часа 56 минут 4,1 секунды. Радиус — около 6400 км. Площадь — 510,2 млн. кв. км, из них более двух третей (70,8%) — океан. Обладает собственным магнитным полем и мощной атмосферой.

Мы перечислили данные, настолько хорошо знакомые со школьной скамьи, что они воспринимаются как нечто само собой разумеющееся. Много это или мало — почти полтораста миллионов километров или почти 24 часа? Как

известно, все познается в сравнении. Венера находится на сорок с лишним миллионов километров ближе к Солнцу, и на ней все равно было бы самое настоящее пекло, даже если бы ее атмосфера была похожей на земную. Марс — почти на восемьдесят миллионов километров дальше, и там — при всех других «земных» условиях — все равно был бы жуткий холод. Венера обращается вокруг Солнца за 224,7 суток, то есть намного быстрее Земли, а вокруг собственной оси — за 244,3 суток. Иными словами, там утро, день, вечер и ночь в совокупности тянутся длиннее, чем год на Земле. Марс вращается вокруг своей оси чуть медленнее Земли (за 24,5 часа), а вокруг Солнца — почти вдвое дольше (за 687 суток). Ну, а расстояние от земной поверхности до центра планеты? Оно примерно равно ширине Атлантического океана в его северной или южной части,— скажем, от Балтимора (неподалеку от Вашингтона) до Лондона. Очень большое расстояние по земным меркам: даже скоростному воздушному лайнеру, чтобы преодолеть его, требуется несколько часов!

Мы знаем о своей планете и многое другое. И все же, наверное, еще большего не знаем. Наша Земля — не менее сложный объект исследования, чем микро- и мегамир.

КАК ОБРАЗОВАЛАСЬ ЗЕМЛЯ

Развитие геологических, геофизических и геохимических исследований во всеоружии средств современной науки (включая изучение Мирового океана и данные о земной поверхности, получаемые с искусственных спутников Земли, а также с орбитальных космических станций) привело к тому, что за последние годы в науках о Земле произошел кардинальный пересмотр представлений о том, в чем суть геологического механизма, управляющего эволюцией нашей планеты, делающего ее такой, какова она есть, а не какой-то иной. Постепенно сформировалась существенно новая система взглядов, составивших современную геологическую теорию — теорию тектоники литосферных плит, или, как ее еще называют, глобальной тектоники.

Новая теория сумела объяснить во многом неясную до

недавних пор природу процессов, проходящих в недрах планеты, свела воедино три главных направления в науках о Земле — геологию, геофизику и геохимию, позволила предсказать существование многих геологических явлений, о которых ранее даже не подозревали и которые были действительно открыты. Ученые сравнивают значение глобальной тектоники для геологии со значением квантовой механики для физики, молекулярной генетики для биологии и кибернетики для технических наук.

Новая теория исходит из общепризнанного ныне среди ученых положения, что все планеты внутренней группы Солнечной системы образовались одновременно из единого протопланетного газово-пылевого облака и что, несмотря на сходство их образования и состава исходного материала, заметно существенное различие в достигнутом уровне развития планет. Если на протяжении своей ранней истории Земля развивалась так же, как и остальные планеты — Марс, Венера, Меркурий (это, кстати, относится и к Луне), то есть в очень медленном темпе, то позднее путь развития Земли отличается чрезвычайно быстрой эволюцией земной коры и атмосферы. Все же остальные планеты продолжают пребывать и в современную эпоху как бы в далеком, первоначальном прошлом.

Начальную фазу формирования планеты ученые представляют как непрерывное выпадение на растущую Землю хаотического роя твердых, преимущественно каменных тел и пылевых частиц. Эти тела, укрупнявшиеся в полете при соударениях между собой и притяжением к себе более мелких тел, могли достигать в поперечнике десятков километров, иначе — масштабов астероидов или некрупного спутника планеты. Чем крупнее тело — тем значительнее сила притяжения, тем интенсивнее «бомбардировка» его поверхности менее крупными телами и пылью. Во время этой фазы, продолжительность которой, по разным данным, определяется от нескольких десятков до нескольких сотен миллионов лет, Земля оставалась холодным космическим телом, наподобие гигантского астероида. Но вот «строительный материал» исчерпался — остальное «расхватали» другие планеты (хотя и по сегодняшний день «бомбардировка» Земли метеоритами и космической пылью продолжается,— правда, в масштабах, несопоставимых с начальной стадией ее образования). Слепившаяся масса, вращаясь, образовала шар и достигла определен-

ного критического предела, за которым началось сильное разогревание, обусловленное распадом радиоактивных элементов, вещества планеты.

При разогревании более тяжелые элементы вещества стали стекаться к центру планеты и образовали ее ядро, а более легкие остались на поверхности и образовали земную кору. Однако кора не осталась навечно застывшей, как на Марсе, Венере, Меркурии, Луне. Снизу, из слоя, как бы подстилающего земную кору и названного поэтому мантией (точнее, из так называемой астеносферы — прослойки между мантией и корой), начались обильные излияния по трещинам коры на ее поверхность. При этом огромную роль в образовании трещин и в излияниях играл наш сравнительно большой естественный спутник, какого лишены остальные планеты внутренней группы.

Дело в том, что орбита Луны тогда была гораздо ближе к Земле (существует даже гипотеза, что еще в процессе формирования Земли и ее спутницы планета «оторвала» у последней значительную часть вещества — чем и объясняется, с точки зрения этой гипотезы, повышенное содержание в химической структуре Земли ряда элементов, в частности железа,— в результате Луна «оттолкнулась» на более далекую орбиту и начала постепенно удаляться от Земли). А Земля вращалась вокруг своей оси почти втрое быстрее, чем теперь: в году было около тысячи суток вместо нынешних трехсот шестидесяти пяти с небольшим. И если даже сегодня за Луной следует огромный приливный вал на море и незаметно для глаза, но все же существующий — на суше, то нетрудно представить себе, что происходило три-четыре миллиарда лет назад: Луна как бы «вспарывала» кругами тот слой земной коры, который был обращен к ней, и «вытягивала» из-под него по трещинам базальтовые лавы. Это вертикальное перемещение сложнейшим образом сочеталось с горизонтальным — «распоротые» части коры вдобавок еще «скользили» по вязкому веществу астеносферы. На экваторе лунные приливы «вспарывали» земную кору особенно сильно и порождали мощные восходящие потоки глубинного вещества, а в приполярных областях эти процессы компенсировались соответствующими нисходящими потоками. Там кора становилась толще, прочнее, образуя «зародыши» будущих материков.

В сильно измененном виде все это продолжается и

поныне (ниже мы еще будем говорить о «скольжении» отдельных участков земной коры).

Вместе с базальтовыми излияниями из мантии, как и сегодня при извержениях вулканов, поднимались на поверхность газы, содержащие серу, хлор, фтор, бор, йод, углекислый газ, окись углерода и другие компоненты. Они образовали первичную атмосферу Земли, значительно отличавшуюся от современной, более похожую, пожалуй, на атмосферу Венеры. Ни о какой жизни в таких условиях, конечно же, не могло быть и речи.

Вместе с базальтами и газами на поверхность поднимались также вещества, содержавшие хорошо известную нам по урокам химии H_2O. Первоначально вода, видимо, насыщала вулканический грунт в виде разного рода гидросиликатов. Затем ее избыток привел к образованию луж, сначала мелких, потом все более и более крупных. Возникла гидросфера, тут же вступившая в сложное взаимодействие с литосферой и атмосферой.

Гидросфера «связала» значительную часть газов атмосферы (достаточно сказать, что сейчас в океанских водах содержится в 60 раз больше углекислого газа, чем в воздухе). В результате в составе атмосферы намного увеличилась процентная доля азота и кислорода. Атмосфера, по своему составу, стала постепенно приближаться к современному состоянию, благоприятному для возникновения жизни.

Гидросфера растворила в себе и многие вещества литосферы. В результате морская вода приобрела хорошо знакомый нам горько-соленый вкус. А главное, по своему составу, стала постепенно приближаться к состоянию, опять-таки благоприятному для возникновения жизни.

Во взаимодействии с атмосферой и гидросферой продолжалась эволюция литосферы. На ее поверхности создались условия, благоприятствовавшие возникновению почвы.

ОКАЗЫВАЕТСЯ, ЗЕМЛЯ — НЕ СОВСЕМ ШАР

Форма Земли, период ее вращения, наклон ее оси к плоскости орбиты всегда относились к разряду так называемых астрономических постоянных. Это подразумевало их неизменность. Но в астрономии все вычисляется на основе наблюдений. Не так давно Международный

астрономический союз создал Комиссию астрономических постоянных, и ряд обсерваторий начал специально наблюдать за... их изменением. Значит ли это, что в космосе произошло нечто непредвиденное?

Разумеется, нет. Земля все так же равномерно вращается вокруг своей оси, и одни сутки вроде бы точно равны другим.

Однако астрономы, измеряя продолжительность суток по кульминации звезд (прохождение звезды через небесный меридиан), давно замечали, что периоды вращения Земли могут отличаться один от другого в пределах десятой доли секунды. Сначала они относили это за счет погрешности хронометров. Со временем появились очень точные, кварцевые, а совсем недавно и атомные часы (они измеряют время с точностью до миллионных долей секунды!), и тогда оказалось, что действительно существует неравномерность вращения Земли. Нашли этому объяснение: планету тормозят приливные волны в ее коре, вызванные притяжением Солнца и Луны. Влияет на вращение Земли и сопротивление межпланетной среды.

К тому же Земля не совсем шар. Точнее, не совсем «правильный» шар. Ее внешний облик (при взгляде из космоса) напоминает нечто «овалообразное». Специалисты называют такой «неправильный шар» эллипсоидом, а точнее, трехосным эллипсоидом, который получается, если шар чуть-чуть сжать или растянуть в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Наконец, еще точнее, Земля — даже не эллипсоид, а так называемый Геоид[1], то есть имеет свою собственную, только ей присущую форму.

Иными словами, Земля имеет форму... Земли. Конечно, это — тавтология, «масло масляное», но если стремиться к точности, иначе форму Земли не определишь. Она несколько сплюснута у полюсов и имеет ряд других особенностей формы. Сейчас с помощью спутников происходит уточнение очертаний Земли. Но это не значит, что мы получим форму, которая навсегда останется неизменной.

Задумаемся, что же выходит? Земля не шар. Нет у нее и постоянной формы. К тому же она еще и вращается не

---

[1] Геоид (от греч. gea — Земля) — фигура, которую образовала бы поверхность Мирового океана и сообщающихся с ним морей при некотором среднем уровне воды, свободной от возмущения приливами, отливами, течениями, разностями атмосферного давления и т. д.

совсем равномерно. Да есть ли вообще в природе нечто такое, что остается неизменным?

Ответ гласит: все зависит от точности измерений. Для нужд наземного и воздушного транспорта наша планета — шар, совершающий свой оборот вокруг оси за 24 часа. Даже самые сверхскоростные самолеты не нуждаются в более точном определении места своих аэродромов и времени полета.

Совсем иное дело, если надо рассчитать орбиту корабля, отправляющегося к Венере. В этом случае следует знать время с точностью до долей секунды и точные географические координаты стартовой площадки. Приходится учитывать и форму планеты, к которой летит корабль, и распределение масс в ней, и многое, многое другое.

Казалось бы, о географических координатах заботиться не следует. Широта и долгота какого-то места, как известно, со временем не меняются. Не определять же каждый раз заново местоположение Пулковской обсерватории или Москвы? И снова «здравый смысл» нас подводит. Увы, положение всех точек на Земле время от времени приходится уточнять. Дело в том, что координатная сетка параллелей и меридианов колеблется и «сползает». Для точного определения ее положения в заданный момент на одной из параллелей находится пять станций международной «службы широт» (советская расположена в Средней Азии). Координаты станций определяются с большой точностью по звездам, данные передаются в международный центр в Японии и в несколько ведущих обсерваторий, в том числе и в Пулковскую обсерваторию, где работают над таблицей поправок к географическим координатам.

Здесь читатель вправе спросить нас: что же все-таки происходит? Быть может, какие-то изменения в космосе заставляют нас учитывать их последствия на Земле? Быть может, несколько иным стало направление оси, вокруг которой вращается наша планета?

Спешим успокоить: ничего подобного нет. Однако это не значит, что ось не изменяет со временем своего направления. Мы уже говорили, что и Солнце и Луна своим притяжением как бы отклоняют ось «земного волчка». Он пытается возвратиться на место. В итоге проекция его пути на фоне звезд напоминает круг. Сейчас земная ось

направлена своим северным концом почти точно к Полярной звезде. Древние египтяне ориентировались по Альфе Дракона, наши потомки через 12 тысяч лет будут определять север по Веге в созвездии Лиры. Однако период такого оборота оси, или, как говорят ученые, ее прецессия, очень велик — 26 тысяч лет!

Причины того, что координатная сетка колеблется и «сползает», находятся не в космосе — на Земле. Дело в том, что ось вращения «протыкает» земную поверхность каждый раз в несколько ином месте. Между тем, как известно, пересечение этой оси с поверхностью Земли образует полюса.

Значит, Северный и Южный полюса «путешествуют»?

Еще выдающийся математик XVIII века Л. Эйлер полагал, что ось вращения Земли из-за неправильности формы нашей планеты и несимметричного распределения ее массы перемещается. По его расчетам, оба полюса должны колебаться вокруг некой средней точки с периодом 305 суток. Эйлер считал для простоты, что наша планета абсолютно твердое тело. Когда же учли влияние океанов, солнечных и лунных приливов, воздуха и снега, то оказалось, что период колебания каждого полюса (как говорят ученые, его нутация) вырастает с десяти Эйлеровых месяцев до четырнадцати, определенных английским астрономом Т. Чендлером. Правда, при этом полюс движется как бы по спирали, не уходя от своего положения более чем на 10—15 метров...

Словом, и Северный и Южный полюса совершают сложное и колебательное и поступательное движение. Чендлерово движение плюс отклонения из-за метеорологических условий дают нам упомянутые десять метров отклонения относительно некой средней точки.

Но тут выяснилось, что и сама эта точка «дрейфует». В частности, Северный полюс смещается на юг, к Лабрадору, со скоростью 11—13 сантиметров в год.

Это явление определил советский астроном А. В. Орлов. Недавно еще слышались голоса, что он ошибся и полюс не движется, а как бы привязан к какой-то средней точке. Академик А. А. Михайлов произвел еще более точные расчеты и доказал, что дрейф полюсов — реальность. Теперь его данные учитываются в таблицах поправок к географическим координатам, а само «мгновенное» положение полюса, в соответствии с недавней ре-

комендацией Международного астрономического союза, определяется относительно того места, которое он занимал в 1903 году.

ОКАЗЫВАЕТСЯ, СУТКИ — НЕ ВСЕГДА 24 ЧАСА

Возникает вопрос: наблюдение за полюсами ведется всего шесть-семь десятилетий, можно ли на этой основе сказать, как протекал их дрейф в прошлые эпохи и как они будут двигаться в будущем?

Оказывается, можно, потому что известна причина дрейфа: вращение Земли и несимметричное распределение масс в ее коре плюс существенное перемещение суши на лике нашей планеты, о котором пойдет речь в следующей главе.

Кстати, дрейфом полюсов во многом объясняются изменения климата Земли в предыдущие эпохи.

Кроме того, необходимо принять во внимание воздействие на Землю со стороны ее спутника — Луны. Вызванные Луной приливы в земной коре постоянно тормозят вращение нашей планеты и еще более осложняют траекторию перемещения полюсов.

Кстати, такое действие Луны приводит к тому, что земные сутки становятся длиннее на тысячные доли секунды в столетие. Правда, и сама Луна испытывает реакцию от действия приливных сил. Так что правильнее говорить об эволюции взаимного положения Луны и Земли.

По некоторым гипотетическим расчетам, Луна через миллионы и миллионы лет все-таки существенно замедлит вращение Земли, а сама перейдет на более вытянутую орбиту. Солнце своим притяжением еще несколько замедлит вращение Земли. Теоретически может наступить такое время, когда земные сутки увеличатся в 55 раз и станут равны 1320 часам — почти двум месяцам.

Однако вернемся на Землю. Не на нынешнюю, известную нам, а на ту планету, где в далекие-далекие времена стали формироваться океаны и материки.

Глава 2. ПЛАНЕТА, НА КОТОРОЙ МЫ ЖИВЕМ

«ЖИВОТВОРНЫЙ ОПТИМУМ»

4,5—4,6 миллиарда лет назад из газово-пылевой туманности в зоне притяжения Солнца окончательно сформировались планеты, в том числе Земля. Потребовалось несколько сот миллионов лет на то, чтобы образовалась земная кора (около 4,2 миллиарда лет назад) и чтобы литосфера, атмосфера и гидросфера пришли в такое состояние, когда смогли возникать соединения очень сложных молекул, способные воспроизводить самих себя, то есть появилась еще более сложная форма существования материи — жизнь. (Последние палеонтологические данные свидетельствуют, что живые одноклеточные организмы появились приблизительно 3,8 миллиарда лет назад.)

Для этого было необходимо благоприятное сочетание множества разных условий, иногда даже независимых друг от друга.

Земля не слишком близка к Солнцу и не слишком далека от него. Ее поверхность, в отличие от Венеры, не нагревается до сотен градусов выше нуля (по Цельсию). Но, в отличие от Плутона, и не охлаждается до сотен градусов ниже нуля. На Земле — устойчивая гидросфера. Вулканическая активность Земли достаточно велика, чтобы кое-где повышать температуру придонных слоев океана. Но недостаточно велика, чтобы довести океан до кипения. Магнитное поле и атмосфера Земли со временем стали достаточно мощны, чтобы служить экраном от солнечной и иной космической радиации, способной убить все живое. Но вместе с тем, в отличие от Юпитера и других планет-гигантов, недостаточно мощные, чтобы не пропустить часть солнечных лучей — как раз такую, какая благоприятна для возникновения жизни.

В итоге образовались условия, способствующие возникновению все более сложных соединений молекул, а главное — устойчивости этих соединений.

Имеют значение не только химический состав и физическое состояние земных литосферы, атмосферы, гидросферы, но и, возможно, расположение Солнца в Галактике (в связи с прохождением Солнечной системы через различные газово-пылевые облака) и связанный с этим

режим космической радиации, а также возможные изменения светимости самого Солнца. О существовании других условий «животворного оптимума» — совокупности обстоятельств, благоприятствующих возникновению жизни, мы пока еще, возможно, и не подозреваем.

КРУТЯЩИЙСЯ ВОЛЧОК

Было бы ошибкой говорить о благоприятном сочетании условий возникновения жизни на Земле как о чем-то раз навсегда данном. Сравнительная устойчивость оптимальных условий — да. Сравнительно небольшие отклонения от них, никогда не доходящие до гибельных для всего живого,— да. Но найти хоть что-то «раз навсегда данное» на нашей Земле?

Вспомните, Земля вместе с Галактикой участвует в расширении Метагалактики. Вместе с Солнцем вращается вокруг ядра Галактики и, подобно другим звездным мирам, смещается в пределах самой Галактики. Земля вращается вокруг Солнца и вокруг собственной оси. При этом, под действием притяжения других планет, плоскость вращения и форма земной орбиты устойчиво колеблются на протяжении миллионов лет. Ось вращения, под действием притяжения Луны, совершает медленное вращение в пространстве. Под действием притяжения других планет угол наклона оси к плоскости орбиты периодически колеблется и постепенно меняется. В итоге одно движение накладывается на другое. Получается нечто вроде волчка, запущенного по кругу в кабине, которая сама крутится внутри ракеты, описывающей «мертвые петли» в полете вокруг космического корабля, уносящегося куда-то (может быть, тоже по кругу?..). Волчок клонится то на один бок, то на другой, раскачивается, подпрыгивает, подрагивает. Он весь — движение.

Вместе с Солнцем Земля движется в космическом пространстве. Она испытывает на себе влияние разных сочетаний перекрестных космических излучений и разных сочетаний газовых и пылевых космических облаков, а также дождя «падающих звезд» — метеоритов, наконец, влияние своего светила, о сложном характере излучения которого мы уже говорили.

Может ли все это не сказываться на земном климате, на земной жизни?

ТРИ МИЛЛИАРДА ЛЕТ ЗА ТРИ ЧАСА

Мы уже говорили, что Луна медленно удаляется от Земли. Миллиарды лет назад она была к Земле гораздо ближе. Ее притяжение должно было вызывать совершенно катастрофические, по нашим понятиям, приливные волны. Даже на суше оно должно было сказываться очень сильно.

Напомним еще раз, что вращение Земли постепенно замедляется. Полмиллиарда лет назад сутки были короче по меньшей мере часа на три. И с тех пор постепенно удлинялись.

Выше упоминалось, что изменения наклона оси Земли служат одной из причин многовековых изменений климата. Колебания оси вызывают периодические смещения полюсов на 10—15 метров то в одну, то в другую сторону каждые 18,6 года. А пока земная ось на протяжении 26 тысяч лет описывает в пространстве очередной круг — Северный полюс, как мы уже говорили, «ползет» в сторону Лабрадора. Меняются и магнитные полюса Земли: Южный превращается в Северный, а Северный — в Южный. Только за последние 76 миллионов лет это происходило более 170 раз.

Еще более неспокойна сама поверхность земного шара.

Если бы можно было снимать Землю кинокамерой на протяжении трех последних миллиардов лет, а затем «прокрутить» ленту за три часа, мы увидели бы, что утверждение «земная кора устоялась» так же относительно, как и все в мире. Конечно, к тому времени почти два миллиарда лет «жизни» Земли были уже позади, но тем не менее в нашей ускоренной «кинопанораме» было бы видно, как поднимаются и опускаются крупные участки земной суши, как движутся материки по поверхности планеты. Все это продолжается и поныне.

И ВСЕ-ТАКИ ОНИ ДВИЖУТСЯ

Научные исследования показывают, что земная кора продолжает «коробиться» и в наше время. В одном месте она как бы прогибается, опускается, в другом — поднимается. Видимо, на нее продолжают воздействовать глубинные течения вещества в подстилающей ее мантии Земли. Весьма вероятно, что дает о себе знать и влияние

вращения планеты. Известно, что в ледниковые периоды давление колоссальных ледяных гор на материки настолько велико, что огромные площади земной коры под ледниками прогибаются, глубже вдавливаются в мантию. А когда ледники тают, Земля стремится вновь принять свое прежнее положение. Именно таким образом поднимается за последние тысячелетия Скандинавский полуостров.

Известно также, что местами в земной коре и под ней скапливаются радиоактивные элементы. Они непрерывно излучают тепло, которое образуется от распада и преобразования их атомов. Предполагают, что благодаря этому прилегающие горные породы разогреваются, плавятся и начинают «течь». Результат: вокруг вновь и вновь — на сей раз по этой причине — начинает «коробиться» земная кора.

Места прогибания земли естественно заполняются морскими водами. Реки выносят туда с суши песок и глину. Там же осаждаются различные соли. За миллионы лет постепенно накапливаются километровые толщи осадочных пород. Затем эти пласты сдавливаются, сминаются в складки. Опускание сменяется подъемом. Возникают горные хребты и плоскогорья. Вода, лед и ветер сглаживают складки гор. Проходят миллионы лет, там и тут чередуются опускания и поднятия меньших масштабов — и все начинается сначала.

Установлено, что отдельные плиты земной коры на суше и на дне океана постоянно движутся, подминают друг друга, нагромождаются одна на другую, как торосы в начале ледохода. Некоторые плиты помощнее — их толщина достигает 50—150 километров — оказываются очень устойчивыми. Именно они, видимо, образовали в свое время древнейшие платформы, которые составили основу современных материков: Евразиатскую, Индийскую, Африканскую, Северо-Американскую, Южно-Американскую, Антарктическую.

Ученые считают, что примерно 450—350 миллионов лет назад все эти материковые массивы сблизились и составили единый материк — Пангею, омываемый со всех сторон сплошным мировым океаном — Панталассой. Следы сдвига древнейших платформ сохранились до сих пор в виде Аппалачских, Уральских и других горных цепей, вздыбившихся по кромкам столкнувшихся массивов.

Примерно 200 миллионов лет Панталасса простиралась вокруг единой Пангеи. Затем Пангея раскололась на два материка: Северный — Лавразия и Южный — Гондвана. Первый включал в себя массивы современных Северной Америки и почти всей Евразии, второй — массивы Южной Америки, Африки, полуострова Индостан, Австралии и Антарктиды. Разрыв между ними постепенно увеличивался. Его заполнили воды Тетиса — новорожденного океана на обширном пространстве между нынешними Гибралтаром и Индонезией, Индийский массив изменил направление движения, откололся от Гондваны и стал смещаться к Лавразии.

135—80 миллионов лет назад произошел еще один разрыв. Северо-Американский массив откололся от Европейского и стал двигаться на запад. Это движение продолжается и поныне. Лавразия распалась таким образом на Западную и Восточную. Возник Атлантический океан. Примерно 80—65 миллионов лет назад раскололась и Гондвана. Пополз на запад от Африканского Южно-Американский массив, на юг — Антарктический вместе с Австралийским. Индийский продолжал двигаться к северу.

65—40 миллионов лет назад материки и крупнейшие острова приобрели более или менее современные очертания. Австралийский массив откололся от Антарктического и пополз к северу. Индийский «причалил» с юга к Восточной Лавразии (Евразии) и вздыбил Гималайские горы.

ДВИЖЕНИЕ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Движение «пластин» земной коры продолжается. Одни районы суши и океанского дна поднимаются со скоростью 5—10 миллиметров в год (целый метр за столетие!), другие с той же скоростью опускаются. Северо-Американский массив удаляется от Европейского со скоростью около 3 сантиметров в год. Соответственно увеличивается Атлантический океан. Это можно заметить по многометровой расселине в Исландии, как раз на том месте, где всего тысячу лет назад ровная площадка служила «открытым залом заседаний» исландского парламента — альтинга. Это можно заметить и по расширяющейся расселине вдоль подводного океанского хребта, который, ви-

димо, служит границей между «пластинами», несущими на себе удаляющиеся друг от друга массивы[1].

Начинают расползаться плиты Африки и юго-западной части Азии. Африка поворачивается вокруг суэцкой «оси» по часовой стрелке, «вторгаясь» своим северным краем в Средиземное море. Такое же движение описывает Калифорнийский полуостров, который подстилающая его плита отрывает от Северной Америки и поворачивает на северо-запад.

С востока на придонные плиты Тихого океана напирают складки Кордильер Северо- и Южно-Американского массивов. А на другом конце, по западной кромке Тихого океана, придонные плиты в грохоте землетрясений соскальзывают в глубоководную щель, которая тянется вдоль Алеутских, Курильских, Японских, Филиппинских островов и далее углом вдоль Меланезии и Новой Зеландии. При этом некоторые части дна перемещаются со скоростью до 10—20 сантиметров в год.

Расчеты ученых показывают, что океанское дно в юго-восточной части Тихого океана, около острова Пасхи, «раздвигается» со скоростью до 18 сантиметров в год. По геологическим масштабам это — огромная скорость: таким путем всего за один миллион лет может сформироваться полоса «молодого» океанского дна шириной до 180 км, причем на каждом погонном километре за это время изливается свыше 360 куб. км базальтовых лав — целый остров!

За 10 миллионов лет это составит 1800 км, за 100 миллионов — 18 000 км. Практически за сотню-другую миллионов лет дно Мирового океана полностью «обновляется». Все древние плиты давно «потонули» в горячей мантии. По оценкам ученых, современная океанская литосфера повсеместно моложе каких-нибудь полутора сотен миллионов лет.

Расчеты показывают также, что Австралия удаляется от Антарктиды со скоростью примерно около 7 санти-

---

[1] Этот хребет, общей протяженностью в десятки тысяч километров, идет с севера на юг, разделяя пополам Атлантический океан. Его северная часть огибает Европу с северо-запада, а южная одним отрогом огибает всю Африку до Красного моря включительно, другим — идет с запада на восток между Антарктидой и Австралией, пересекает Тихий океан с юго-запада на северо-восток в направлении к Калифорнийскому заливу.

метров в год, Южная Америка от Африки — около 4 сантиметров, Северная Америка от Европы — около 3 сантиметров, Красное море расширяется ежегодно на полтора сантиметра, Аравийская плита «напирает» на Евразию со скоростью около 2 сантиметров в год, вызывая землетрясения в Турции, на Кавказе, в Иране, а Индийская плита — даже со скоростью 5 сантиметров в год, так что землетрясения в Гималаях, Гиндукуше, на Памире становятся еще значительнее и докатываются, как известно, до самого Байкала.

Если допустить, что человечество и в отдаленном будущем не сможет или не захочет вмешаться в стихийное развитие геологических изменений поверхности планеты, то через 50 миллионов лет, по мнению некоторых ученых, физическая карта земного шара будет существенно отличаться от современной.

Три десятка миллионов лет назад океан Тетис еще занимал обширные площади нынешней Европы, Средней Азии и Аравии. А затем от него остались лишь впадины Средиземного, Черного и Каспийского морей. Шесть миллионов лет назад перестало существовать и Средиземное море. На его месте осталась сухая впадина ниже уровня Мирового океана. Позже воды Атлантического океана прорвали Гибралтарский горный хребет, затопили впадину и докатились гигантским валом до Верхнего Египта. Возможно, это происходило не один раз.

Да что там миллионы лет. Меньше 20 тысяч лет назад не было ни пролива Ла-Манш, ни Северного и Балтийского морей. Вся северо-западная часть Европы, покрытая ледниками, возвышалась над уровнем моря гораздо более значительно, чем сейчас. Великобритания и Ирландия были таким же полуостровом, как ныне Скандинавия, а будущий полуостров Ютландия со всеми островами Дании находился так же далеко от моря, как сейчас, скажем, Венгрия. Не было и Берингова пролива. Чукотку и Аляску соединял перешеек, по которому, вслед за стадами животных, в Америку двинулись людские племена и прошли ее всю с севера до юга. Многие острова Восточной и Юго-Восточной Азии тоже, видимо, были полуостровами материка или более крупных островов.

Великим озерам Северной Америки всего 18 тысяч лет. Берингов пролив не старше 15—12 тысяч лет. Балтийское озеро образовалось 15 тысяч лет назад, а Балтийское море

в его современном виде — всего 7,5—7 тысяч лет назад. Примерно тогда же образовался и пролив Ла-Манш.

С другой стороны, некоторые восточные районы Африки были дном моря всего 6 тысяч лет назад, когда в Древнем Египте уже правили фараоны. Сказания о «потопах» успели, передаваясь из уст в уста, дойти до первых письменных памятников древности.

* * *

Движущие силы геологических изменений поверхности планеты служат предметом научных исследований. Как мы видели, основную роль в «пуске» этого механизма играют перемещения расплавленных пород в глубинах Земли, в условиях колоссальной силы сжатия при температуре в тысячи градусов. Возможно, что определенное значение имеет таяние и нарастание «ледовых шапок» на полюсах.

Как бы то ни было, нашу планету меньше всего можно уподобить мертвому космическому телу. Вот уже несколько миллиардов лет она живет довольно интенсивной жизнью. И все же по сравнению с иными планетами земная поверхность — тихая заводь, райский уголок, где молекулы разных веществ могут беспрепятственно сочетаться друг с другом во все более сложных соединениях, пока, наконец, не приходит в действие еще один механизм: биологический. (Мы обратимся к нему в следующей части книги.)

А пока зададимся ответом на вопрос: откуда известно, что лик Земли меняется, и меняется именно так, как об этом только что говорилось?

Глава 3. ЛИК ЗЕМЛИ МЕНЯЕТСЯ — ОТКУДА ЭТО ИЗВЕСТНО?

ОТ ДОГАДОК К ТЕОРИИ

Геологи, изучая породы земли от самых древних, насчитывающих миллионы и миллионы лет, до самых мо-

лодых, которым «всего» сотни тысяч лет, словно перелистывают книгу истории нашей планеты.

Конечно, это сравнение условно, потому что иногда старые и молодые слои смещены, а порой и перевернуты, к тому же следы многих древних процессов, видимо, не сохранились. Можно сказать, что многих страниц истории Земли не хватает, другие же вдруг попадаются «не на своем месте», так что восстановить события прошлых эпох оказывается непросто.

Давайте обратимся к нехитрому приему. Условно примем сто миллионов лет истории планеты за один год, и тогда возраст ее окажется равен 45—46 годам. О первых семи — десяти годах «детства» геологи знают очень мало, даже самые древние породы из известных нам намного моложе. По этой «шкале отсчета» получается, что до 40—42-летнего возраста континенты были вообще без растений и животных. Пышная растительность, первые животные появились на протяжении лишь самых последних лет жизни.

В историческом аспекте это эпохальное событие произошло совсем недавно: ему предшествовало более 95 процентов возраста Земли. И вместе с тем это было очень-очень давно: ведь в нашем условном летосчислении «Человек Разумный» существует всего лишь часы, а его детище — наука насчитывает несколько минут. Однако и этих минут хватило на то, чтобы он увидел свою планету не только в пространстве, но и во времени, понял, что лик ее меняется довольно быстро.

О том, что современные материки составляли некогда один сверхконтинент, догадывались еще в прошлых веках. Так, еще в 1756 году один комментатор древних текстов писал, что дробление Земли произошло после Великого потопа. Некогда же, утверждал он, существовал один материк, что подтверждается «подобием очертаний противоположных берегов многих континентов, отдаленных друг от друга морскими просторами; совпадение их часто столь удивительно, что, будь они расположены рядом, они бы целиком вписались друг в друга, как это можно видеть на примере южных частей Африки и Америки».

Сказанное было не более чем догадкой. На научную почву учение о дрейфе континентов впервые поставил немецкий исследователь А. Вегенер. Его работы относятся к первой трети нашего века. Прошло еще тридцать лет,

прежде чем эта гипотеза получила широкое признание среди специалистов.

В начале 60-х годов нашего века геологи, представители сухопутной профессии, вышли в океан. С той поры они стали изучать не только материки, но и неизвестные доселе две трети поверхности Земли, скрытые под водой. На смену местному, региональному подходу пришел другой — общий, глобальный, позволивший подойти к явлениям в их диалектической взаимосвязи. Объектом исследования стала вся планета, а не отдельные районы — скажем, горные цепи, возвышенности или плато,— как это было раньше.

Что же обнаружили ученые за последние 15—20 лет?

ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА

Как мы уже говорили, еще раньше, при изучении строения материков выявилось удивительное сходство отдаленных друг от друга разных континентов, которые сотни миллионов лет назад, несомненно, находились рядом. Так, слои древних отложений Аргентины и Фолклендских (Мальвинских) островов находят себе полную аналогию в отложениях такого же возраста в Африке — а ведь расстояние между этими районами больше 5 тысяч километров! Если же мысленно сдвинуть Африку и Европу, с одной стороны, и обе Америки, с другой, то оборванные у берегов океана древние складчатые пояса (остатки прежних хребтов) и полосы одновозрастных морских или наземных отложений отлично состыкуются. Геологические структуры одних материков получат продолжение на других, при этом материковые склоны совпадут с контурами тех разломов, по которым огромный древний материк Пангея был расколот на части.

Последние открытия доказывают, что Атлантический океан значительно моложе, чем окружающие его материки (он моложе и Тихого океана). Так, образцы горных пород, полученные при бурении дна Атлантики с американского корабля «Гломар Челенджер», имеют возраст не больше 135 миллионов лет, тогда как в Африке и на других материках есть породы, образовавшиеся более трех миллиардов лет назад!

Мы уже отмечали, что на дне Атлантики, примерно

посередине океана, был открыт огромный, так называемый Срединный хребет — он как бы делит океан на две части, западную и восточную. Исследованиями этого водного бассейна от берегов Южной Америки до Срединного хребта установлено, что образцам, взятым из хребта, не более миллиона лет. Чем ближе к берегу, тем эта цифра солиднее. Возраст горных пород колеблется от десятков до сотни и более миллионов лет. Так что не может быть и речи о том, что все ложе океана образовалось единовременно. Это был очень долгий и сложный геологический процесс.

Последние открытия в геологии позволяют нам представить величественную картину рождения Атлантического океана. Через разлом хребта (его называют рифтом) поднималась молодая лава, а более старые породы разъезжались вместе с дрейфовавшими континентами. При этом Америка «плыла» на запад, Евразия — на восток, Антарктида — на юг, если условно считать, что Африка находилась на своем месте (фактически же все материки перемещались относительно друг друга).

Этот дрейф продолжается и в наше время.

Все его закономерности описывает теория глобальной тектоники, о которой мы упоминали выше.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОШЛОГО

О движении материков свидетельствуют не только совпадения береговых линий и геологическое родство отдаленных друг от друга побережий, но и данные молодой отрасли геофизики — палеомагнетизма. Магнитные полюса Земли почти строго фиксированы (магнитная ось Земли хотя и колеблется по отношению к оси ее вращения, все же обычно совпадает с ней). Если бы континенты были неподвижны относительно друг друга и как один монолит перемещались бы по отношению к магнитной оси, то на каждом из них запечатлелся бы один и тот же «след»: дело в том, что лава на материках после затвердения сохраняет в себе остаточную намагниченность и как бы «помнит», где были магнитные полюса Земли в эпоху, когда она сделалась твердой.

А что мы видим в реальной жизни? На каждом континенте свой «рисунок» от движения магнитных полюсов.

Если считать, что смещались не полюса, а континенты, то по «следам» магнитных полюсов можно реконструировать эти перемещения и воспроизвести картину дрейфа материков. К примеру, палеомагнитный метод дает дополнительные теоретические свидетельства в пользу того предположения, что такие древние платформы, как Индийская и Сибирская, сблизились, столкнулись. И действительно, на месте столкновения мы видим Гималаи.

Реконструируя климаты прошедших эпох по распространению теплых морей с кораллами, по останкам растений и животных, исследователи пришли к выводу, что древние климатические зоны материков, разделенных сейчас океанами, также соединяются естественным образом. Ледниковые отложения с характерными шрамами и царапинами, которые оставляют ледники на «полируемых» ими поверхностях горных пород, когда ледник волочит вмороженные в него камни, позволяет геологам не только определить расположение прежних полярных зон, но и установить те центры оледенения, от которых расползались ледники. Сейчас такими центрами оледенения являются Гренландия и Антарктида, а несколько сот миллионов лет назад эти центры находились в совершенно иных местах земной поверхности.

Во многих местах Северного полушария было так жарко, что на морском мелководье, как сегодня на Кара-Богаз-Голе, в ряде мест выпаривались огромные залежи соли. Там обнаружены отложения, свойственные теплым, коралловым морям. Реконструкции лика планеты «ставят» материки на их прежнее место, в соответствии с царившими на них тогда климатическими условиями.

ЗАЧЕМ НУЖНО ЗНАТЬ ИСТОРИЮ КОНТИНЕНТОВ?

Итак, на смену представлениям о неизменной Земле пришла гипотеза динамической планеты, поверхность которой меняет свой облик.

Известно, что критерий любой теории — практика. Помогает ли практике теория тектоники литосферных плит?

Френсису Бэкону принадлежит крылатая фраза: «Знание — сила». Новая теория на многое открывает глаза. Например, прибрежные районы Западной Африки, где находят цинк, олово, золото, алмазы, много миллионов лет

назад располагались рядом с Бразилией, что побудило геологов начать изучение джунглей Амазонки. Не обнаружатся ли и там, в сходных с африканскими геологических условиях, похожие месторождения? Недавно в Бразилии были открыты залежи соли, дефицитного здесь сырья. Вскоре такие же залежи нашли и на африканском берегу, в Габоне!

Этот пример показывает, как, зная истинную историю континентов и океанов, можно искать полезные ископаемые более осмысленно, не наугад.

Разного рода сдвиги в земной коре приводят к тому, что в недрах Земли то тут, то там возникает крайне напряженное состояние, разряжающееся землетрясениями. Иногда достаточно начала горных работ, чтобы возникло «микроземлетрясение». С этим столкнулись много лет назад строители знаменитого Симплонского туннеля в Альпах.

Позже при разработке очень прочных пород в апатито-нефелиновых рудниках Горной Шории и Джезказгана не раз наблюдалась своеобразная «стрельба»: от стен подземных коридоров — штолен и штреков — с треском отслаивались куски, сами горные породы иногда разрушались. Это давала себя знать накопившаяся энергия «напряженных» горных слоев. Именно она «заводила» каменную пружину недр, которая разворачивалась с появлением горных выработок. Вот почему ученые стремятся точнее определить напряженные состояния в земной коре: зная, как они распределяются в горном массиве, можно выбрать лучшее направление горных выработок, их форму и крепление стенок. В нашей стране этим занимается коллектив Горнометаллургического института Кольского филиала АН СССР и другие научные учреждения.

Глава 4. КАК УСТРОЕНА ЗЕМЛЯ

«СЛОЕНЫЙ ПИРОГ»

О том, что находится у нас под ногами, мы во многих отношениях до сих пор знаем гораздо меньше, чем о том, что видим над головой. И это неудивительно: только в научно-фантастических рассказах легко проникать в зем-

ную твердь на сотни и тысячи километров. А в реальности — очень тяжело даже на десяток километров!

Тысячелетиями люди верили, что под земной поверхностью находится страшное подземное царство вечного мрака, нечто вроде бесконечной череды гигантских пещер, где владычествуют свирепые демоны зла и где души грешников пребывают в вечных мучениях, поджариваемые на медленном огне или захлебывающиеся в кипящей воде. «Доказательств» было сколько угодно: разве не вырываются из вершин некоторых гор — видимо, по недосмотру кого-нибудь из демонов — столбы пламени и дыма? Разве не извергается «жидкий огонь» — лава, испепеляющая все на своем пути? Разве не пробиваются тут и там из-под земли гейзеры горячей воды? Наконец, разве не содрогается время от времени земля, когда в подземном царстве творится что-то невообразимое?

Проходили века, и на смену религиозным представлениям приходили научные гипотезы-предположения. Что там, в недрах нашей планеты? Может быть, Земля внутри полая и сжатые тяжестью земной коры раскаленные подземные газы прорываются наружу через кратеры вулканов, расплавляя прилегающие горные породы? Может быть, внутри — сплошная лава и вот она-то и прорывается наружу в вулканах, вызывая землетрясения своим подземным «прибоем»? А может быть, ядро Земли — колоссальный «слиток» металлических и каменных сплавов, на котором «океан» бушующей лавы с вихрями раскаленных газов и лишь надо всем этим — земная кора, как толстая «пенка» на кипяченом молоке?

Со временем ученые овладели искусством «выслушивать» Землю примерно таким же образом, как врач выслушивает своего пациента. Они использовали направленные взрывы и, следя за соответствующими отражениями звука на специальных приборах, судили о разного рода «препятствиях» и о расстояниях до этих рубежей. А затем началось прямое проникновение внутрь земной коры путем бурения сверхглубоких скважин. На одной из них, расположенной на Кольском полуострове, 27 декабря 1983 года в 16 часов пополудни алмазное долото 60-метровой буровой вышки пронзило 12-й километр земной коры на пути к конечной отметке — 15 километров. Так далеко в глубь своей планеты человек никогда еще не забирался.

Сверхглубокое бурение имеет целью более точно выявить закономерности формирования и размещения в земной коре полезных ископаемых. В настоящее время добыча руды и угля идет либо открытым способом, «вскрышными» работами прямо на поверхности земли, либо на глубине в основном не более одного километра; добыча нефти и газа — на глубине до двух — четырех километров. Проникнуть внутрь земли еще на несколько километров — значит существенно расширить минерально-сырьевую базу промышленности. С постепенным исчерпанием разведанных залежей поиск новых на все больших и больших глубинах становится острой практической необходимостью. В связи с развитием сверхглубокого бурения разрабатываются научные принципы освоения месторождений полезных ископаемых на больших глубинах, идет создание эффективных и экономичных средств для проникновения в ранее недоступные недра планеты. А заодно изучается и уточняется строение земной коры.

По современным научным представлениям, главную роль в которых играет то самое «прослушивание» глубин Земли, о котором мы упоминали выше, внутреннее строение нашей планеты выглядит следующим образом.

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ
(в км)

Кора	0 — 33 (в среднем)
Верхняя мантия	33 — 410
Переходный слой	410 — 1000
Нижняя мантия	1000 — 2700
Переходный слой	2700 — 2900
Внешнее ядро	2900 — 4980
Переходный слой	4980 — 5120
Внутреннее ядро	5120 — 6370

В самом центре, на глубине свыше 2900 км, — ядро Земли диаметром 6940 км, которое состоит из внутреннего ядра (диаметр 2600 км), внешнего ядра (толщиной свыше 2000 км) и какого-то промежуточного, переходного слоя между ними толщиной около 40 км. О составе земного ядра единого мнения среди ученых нет. Предполагают, что оно состоит из железа или его окислов с при-

месью никеля, а также серы, кремния и других элементов, которые под действием чудовищного давления приобретают металлические свойства. Различие между внутренним ядром, переходным слоем и внешним ядром заключается, по-видимому, в неодинаковом составе этого «сплава» на разных уровнях ядра.

Между ядром и земной корой располагается очень значительный по толщине промежуточный слой, который называют мантией (поскольку она как бы «подстилает» поверхность планеты и «окутывает» ее ядро). Мантия (тоже с переходными слоями), в свою очередь, подразделяется на нижнюю и верхнюю (соответственно на глубине около 2900 км и в среднем 33 км от земной поверхности — последнее в зависимости от толщины земной коры под океанами и материками). На мантию приходится львиная доля вещества Земли — 83% по объему и 67% по массе (поскольку вещество ядра сравнительно тяжелее вещества мантии). Предполагается, что мантия состоит примерно из такого же «сплава», как и ядро, но с преобладанием более легких по своему удельному весу элементов. Железо здесь, видимо, отходит на четвертый план, уступая место кислороду, кремнию и магнию, что очень близко составу каменных метеоритов, с которыми люди познакомились сравнительно давно. Различие между верхней и нижней мантией — примерно того же характера, что и в ядре: внизу вещество «потяжелее», вверху «полегче».

В верхней мантии особо выделяются (по направлению к поверхности Земли) слой Голицына, слой Гутенберга или уже упоминавшаяся нами астеносфера, субстрат (верхняя часть слоя Гутенберга, залегающая непосредственно под земной корой) и, наконец, поверхность Мохоровичича — граница между мантией и корой. Три перечисленные зоны носят имена открывших их ученых и различаются по принципу аналогичных зон ядра и мантии неодинаковым составом и состоянием образующего их «сплава». Особенно существенно различие между земной корой и мантией по поверхности Мохоровичича. На этом рубеже плотность вещества, образующего планету, резко увеличивается скачком с 2,7—3,0 грамма на кубический сантиметр до 3,1—3,5. Далее она плавно возрастает, достигая у подошвы слоя Гутенберга 3,6 грамма на кубический сантиметр, у подошвы слоя Голицына — 4,5 и у границы

ядра — 5,6; затем в ядре вновь скачком поднимается до 10,0 и вновь плавно возрастает до 13 граммов на кубический сантиметр в центре Земли.

О составе земной коры мы уже упоминали: это в основном гранитные и базальтовые породы, гораздо более легкие по своему удельному весу, чем подстилающая их масса окислов кремния, магния и железа. Снова вспоминается употребленное выше сравнение с кипяченым молоком (мантия) и пенкой на его поверхности (кора). Однако если уж сравнивать точнее, то мантия скорее не «молоко», а «масло», может быть, даже «сыр», то есть очень тяжелая вязкая масса.

Кстати, «сплав» окислов кремния, магния и железа, из которого, как полагают, почти полностью сложена мантия, называется в минералогии оливином. Помните знаменитый «оливиновый пояс», до которого добрался, наконец, с помощью своего гиперболоида в поисках золота инженер Гарин — герой научно-фантастического романа Алексея Николаевича Толстого?

НИЧТО НЕ ВЕЧНО ПОД ЗЕМЛЕЙ

После нашего краткого путешествия в недра Земли у некоторых читателей может создаться впечатление, будто вещества, составляющие земное ядро, мантию и кору, расслоились раз и навсегда, тяжелые опустились глубже, легкие поднялись к поверхности — и все замерло навеки. Нет ничего обманчивее такого впечатления. Когда мы говорили о переносе энергии из недр Солнца к его поверхности, то упоминали о конвекции — перемещении частиц вещества на манер закипающей в кастрюле воды. Так вот, примерно такое же явление (только, конечно, с существенными отличиями от Солнца) происходит и в земной мантии, а может быть, и в ядре.

Ученые убеждены, что в нижних зонах земной коры, в верхней, а возможно, и в нижней мантии происходят постоянные перемещения огромных масс вещества, их периодическое расширение и сжатие, а также циркуляция тепловых потоков. Нельзя забывать к тому же, что среди множества элементов попадаются и радиоактивные. Когда они скапливаются в достаточно большом количестве, становится ощутимым тепловыделение, связанное с

распадом их ядер. И вот уже образуются очаги вещества, превратившегося в раскаленную лаву. И вот уже лава через расселины земной коры рвется наверх, к поверхности Земли, сжимая раскаленные газы и превращая в сжатый перегретый пар подземные воды. И вот уже фонтанируют горячие гейзеры, слышен нарастающий гул непрерывных подземных взрывов, летят до небес огромные камни, поднимаются в облака тучи пыли, громоздится горой остывающая лава — рождается вулкан...

Известный бельгийский вулканолог Гарун Тазиев назвал одну из своих книг о вулканах «Встречи с дьяволом». И действительно, то, что происходит в чреве вулкана — особенно накануне извержения,— намного превосходит по масштабам и бурности процессов все фантазии древних о пылающем аде. А само извержение вулкана по праву относят к наиболее значительным катастрофическим явлениям на земной поверхности.

«Опасность, хотя бы в начале, в большей или меньшей степени служит острой приправой к занятию тех, кто берется за изучение вулканов, кто приходит в соприкосновение со слепой и безмерной мощью, вселяющей ужас даже в самых слабых ее проявлениях,— пишет Тазиев.— Правда, геофизика учила аспиранта-вулканолога, что земная кора — это очень тонкая скорлупка, постоянно стремящаяся расколоться и открыть доступ стекловидной жидкости, в недрах которой царят огромные температуры и еще большие давления. Но поскольку речь шла о чисто книжном знании, это его нисколько не тревожило: «скорлупа» — это только образное выражение. Мы атавистически слишком уверены в надежности «почвы под ногами»... Но как только земля трясется с силой, достаточной, чтобы дрогнули укрывающие нас стены, откуда-то, бог знает с каких душевных глубин, начинает подниматься чувство страха, настолько абсолютное, что перед ним все остальные страхи — ничто».

В работах советского вулканолога Е. К. Мархинина выделяется шесть основных, так сказать, классических типов извержений вулканов.

Гавайский — по типу вулканов Гавайских островов. Лавы бедны кремнеземом, маловязкие и поэтому способны с большой скоростью разливаться на многие километры. Обычны лавовые фонтаны и целые озера. Зато редки сильные взрывы.

Стромболианский — по типу вулкана на острове Стромболи в Эгейском море. Взрывы частые, ритмические, вулканические шлаки и «бомбы» (каменные глыбы разного размера) выбрасываются на высоту до нескольких сот метров. Потоки лавы тоже мощные. Зато нет значительных масс вулканического пепла.

Вулканский — по типу вулкана на острове Вулькано в том же Средиземноморье. Лава вязкая, потоки движутся медленно и не достигают большой длины. Характерны сильные вертикальные взрывы, образующие пепло-газовые тучи на высоте до нескольких километров и бомбардирующие окрестности осколками застывшей лавы.

Плинианский — по имени древнеримских ученых Плиния Старшего и Плиния Младшего, первый из которых поплатился жизнью при наблюдении извержения Везувия в 79 году нашей эры, а второй оставил детальное описание извержения. Сильнейшие взрывы с колоссальными пепло-газовыми тучами. Иногда взрывом разносит часть самого вулкана, причем слой пепла в окрестностях может достигать толщины нескольких метров.

Пелейский — по типу вулкана Мон-Пеле на острове Мартиника. Характерно быстрое нарастание громадных раскаленных лавовых гор и катящихся с большой скоростью по склонам вулкана столь же раскаленных пепло-газовых туч, насыщенных в нижних частях горячими обломками лавы.

Катмайский — по типу вулкана Катмай на Аляске. Характерно выбрасывание огромных масс — многих кубических километров — вещества с «огненным ливнем» мелких частичек лавы в раскаленных газах.

На Земле свыше 800 действующих вулканов, читаем мы в одной из книг Е. К. Мархинина. Их общая средняя «производительность» — от трех до шести миллиардов тонн извергаемого вещества в год.

Так, например, только при извержении в 1883 году вулкана на острове Кракатау в Индонезии было выброшено около 19 кубических километров вулканического пепла и других продуктов извержения (а это — миллиарды тонн!), причем столб выбросов поднялся на высоту до 80 километров и продукты извержения выпали на площади свыше 800 тысяч квадратных километров.

Есть основания полагать, что в прошлом вулканическая активность нашей планеты была гораздо значитель-

нее. Но даже при современных масштабах за четыре с половиной миллиарда лет существования планеты вулканами должно было быть вынесено такое количество извергаемого материала, которое близко к массе земной коры всех континентов, вместе взятых. Кроме того, дно океанов выложено в основном вулканической породой — базальтом, слой которого, как мы уже говорили, достигает тридцати с лишним километров по всей нижней части земной коры.

Это еще не все. Магма — расплавленная масса глубинных пород в зонах вулканизма (она-то и прорывается на поверхность земли в виде потоков лавы) — имеет очень сложный состав, включающий различные соединения кислорода и водорода, в том числе и воду. В процессе вулканических взрывов из магмы высвобождается в среднем до 3—4% воды. Этого достаточно, чтобы за время существования Земли на ее поверхность поступило более половины всех водных запасов современного Мирового океана. Магматический газ — это прежде всего водяной пар, но он содержит все компоненты, составляющие воздушную оболочку нашей планеты. И в этом отношении за время существования Земли вулканы во многом определили состав ее воздушного океана. Таким образом, и литосфера, и гидросфера, и атмосфера Земли, с известной точки зрения,— продукт деятельности вулканов.

И это еще не все. В пепло-газовом столбе, «выстреливаемом» из вулкана при его извержении, есть все необходимое для образования очень сложных молекул, способных стать «кирпичиками» органических соединений — основы всего живого на Земле: водяной пар, водород, аммиак, углеводороды, окись углерода, углекислый газ. Температура взрывающейся магмы превышает тысячу градусов, скорость пепловых частиц достигает сотен метров в секунду. Быстрый перепад давления и температуры, взаимное трение частиц пепла приводят к их электризации. Постоянное воздействие электрических разрядов на сложные и сверхсложные соединения горячего вещества! Не здесь ли секрет возникновения жизни на Земле? Не является ли процесс вулканического извержения первым шагом от неживой материи к живой? Если уж доводить родословную человека до логического конца, заключает Е. К. Мархинин, то образно можно сказать: мы — дети вулканов.

Справедливости ради следует добавить, что это заключение берется под сомнение и даже горячо оспаривается многими учеными.

Конечно, то, что происходит в глубинах земной коры и в подстилающей ее части верхней мантии, отнюдь не сводится к одним лишь извержениям вулканов, какую бы важную роль в жизни планеты они ни играли. Конвективные перемещения вещества мантии, о которых мы упоминали выше, воздействуют на земную кору далеко за пределами зон вулканической активности. Они, в свою очередь, вызывают вертикальные и горизонтальные перемещения отдельных массивов и даже целых участков земной коры, движение по ней материков и островов, горообразование, трещины-разрывы в земной коре, о которых повествовалось в предыдущих главах. И конечно же, все эти сдвиги, перемещения, напряжения и их разрядки в земной коре происходят далеко не всегда медленно и плавно. Наоборот, как правило, они идут в форме подземных толчков и самых настоящих взрывов, вызывающих почти постоянные колебания земной коры — землетрясения, большей частью почти неощутимые, но иногда принимающие столь катастрофические масштабы, что по своим последствиям сопоставимы с самыми катастрофическими извержениями вулканов.

ПОДЗЕМНАЯ НЕПОГОДА

Механизм землетрясения выяснен сравнительно давно. При перемещениях вещества земной коры в ней постоянно образуются полости, разрывы, по которым происходит почти мгновенный сдвиг, «обвал» масс. Эта зона называется очагом землетрясения, ее центральная точка — гипоцентром, а соответствующая ей точка на земной поверхности — эпицентром землетрясения. От очага землетрясения, как от удара по воде, во все стороны по земной коре распространяются сейсмические волны, убывающие по силе с удалением от очага. Одни волны (продольные) вызывают толчки снизу вверх, другие, еще более опасные (поперечные), вызывают горизонтальные сдвиги. Очаги землетрясения возникают большей частью на глубинах 20—30 км, но некоторые — и в верхней мантии, на глубине сотен километров.

Поскольку землетрясения имеют разную мощность и соответствующую степень разрушительности, да еще убывающую по мере удаления от эпицентра, их силу принято измерять, как и штормы на море, в баллах. Наиболее распространена 12-балльная система измерения (шкала Рихтера), принятая и в нашей стране:

Один балл — незаметное землетрясение, отмечается только сейсмическими приборами.

Два балла — очень слабое, ощущается только отдельными людьми, да и то, если человек находится в состоянии полного покоя.

Три балла — слабое, ощущается лишь небольшой частью населения.

Четыре балла — умеренное, распознается по легкому дребезжанию и колебанию предметов, посуды и оконных стекол, скрипу дверей и стен.

Пять баллов — довольно сильное, вызывающее сотрясение зданий, колебания мебели, трещины в оконных стеклах и штукатурке.

Шесть баллов — сильное, ощущается всеми, падают со стен картины, откалывается штукатурка, происходят легкие повреждения зданий.

Семь баллов — очень сильное, стены каменных домов раскалываются, в них появляются глубокие трещины, невредимыми остаются только деревянные или специально укрепленные (антисейсмические) здания.

Восемь баллов — разрушительное, появляются трещины на сырой почве или крутых склонах, памятники сдвигаются с места или опрокидываются, дома сильно повреждаются.

Девять баллов — опустошительное, полное разрушение каменных домов.

Десять баллов — уничтожающее, крупные трещины в почве, оползни и обвалы, разрушение всех неантисейсмических каменных построек, искривление железнодорожных рельсов.

Одиннадцать баллов — катастрофа, широкие трещины в земле, сплошные оползни и обвалы, тотальное разрушение (кроме специальных сооружений).

Двенадцать баллов — сильная катастрофа, сдвиги почвы достигают огромных масштабов, гигантские провалы, отклоняется даже течение рек, не выдерживает ни одно сооружение.

У самого большого из зарегистрированных землетрясений очаг простирался на тысячу километров по земной поверхности и уходил на сто километров в глубину. Тысяча километров — это как от Москвы и чуть ли не до западной границы страны, близко к максимальной длине разломов, известной на земной поверхности. А глубже просто невозможно, потому что на глубинах свыше сотни километров земное вещество находится в пластическом состоянии, близком к плавлению, и, благодаря этому, к счастью для нас, гасит возникающие возбуждения. Грандиозные масштабы землетрясений соответствуют столь же колоссальным масштабам числа их жертв. В этом отношении они уступают только ураганам и идут почти на одном уровне с наводнениями.

Глава 5. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ ПЕРЕД СУДОМ НАУКИ

«И, ГОВОРЯТ, КАК В ЛИХОРАДКЕ ТРЯСЛАСЬ ЗЕМЛЯ»

С утра 7 июня 1692 года в Порт-Ройяле на острове Ямайка, центре английской торговли в Карибском море, ничто не предвещало беды. Осевшие здесь «джентльмены удачи» занимались своим обычным бизнесом, готовясь к новым грабежам на море и на суше. Правда, пастор Эммануил Хит предупреждал их, что кара божья рано или поздно падет на их разбойничьи головы.

И вот днем 7 июня, как только к пастору в гости пришел губернатор, под ногами обоих закачалась земля. «Началось, я ждал этого!» — воскликнул пастор. Губернатор бросился к окну. В городе творилось нечто невообразимое. Дома ходили ходуном, в земле раскрывались страшные провалы, которые поглощали строения и людей. Прибрежные улицы медленно уходили под воду.

Пастор Хит и губернатор Уайт, пережившие катастрофу, долго рассказывали потом, какой ужасной каре были подвергнуты проклятые людьми и богом пираты. И до сих пор на дне моря у Ямайки видны руины зданий, следы давней катастрофы.

Землетрясения происходят в тех районах, население

которых заслуживает божьей кары,— такое сообщение опубликовало в 1752 году Британское королевское общество (Академия наук). До чего же простое объяснение находили в те времена!

Заметим, что ученых просят не «прекратить» землетрясение. От них требуют предсказать возможно точнее, когда ожидается подземная буря. И вопросы эти ставятся иногда в очень категорической форме.

Сейсмология как наука развивается примерно сотню лет, и на ее счету уже немало как удачных, так, увы, и неудачных прогнозов.

И наиболее впечатляющей особенностью землетрясений остается их неожиданность. «Люди нередко обращаются к сейсмологам с просьбой объяснить эти грозные природные явления и сказать, когда и где можно ожидать следующие землетрясения. Сейсмологам также очень хотелось бы получить ответ на эти вопросы». Это высказывание принадлежит известным сейсмологам Николасу Хеку и Элиоту Робертсу. И это, наверное, самое грустное: многое, очень многое из жизни глубин земли пока еще скрыто от науки.

ГЕОГРАФИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

На Земле нет мест, абсолютно неуязвимых для подземной стихии: даже самые спокойные сегодня районы когда-нибудь в прошлом все-таки «дыбились», под напором глубинных толчков. Так, летопись сообщает, что 1 октября 1445 года «потрясся град Москва, Кремль и Посад и храм поколебашеся». Еще одно землетрясение (правда, незначительное) произошло в Москве всего несколько лет назад. А один из героев Шекспира, описывая лондонское землетрясение 1580 года, замечает: «Земля до основания содрогалась, как жалкий трус».

И все-таки на равнинах, где тектонические процессы не протекают бурно (а на них-то как раз расположены и Лондон и Москва), землетрясение — редкий гость. Иное положение в районах сейсмических поясов — по обе стороны Тихого океана и в сравнительно «молодых» горах на юге Азии и Европы, на севере Африки — здесь подземные толчки случаются часто. В Японии, можно сказать, классической стране землетрясений, некоторые туристские

фирмы иногда на всякий случай даже вывешивают плакаты: «Просим извинения за беспокойство, которое доставляет вам трясение земли. Обещаем, что в следующий ваш приезд ничего подобного не повторится».

Правда, землетрясение землетрясению рознь: известность его обычно определяется не силой толчков, а теми разрушениями, которые оно приносит. Мало кто знает о подземной буре, которая разразилась на огромной территории — 25 тысяч квадратных километров — в 1950 году в Гималаях. Ее энергия превысила по силе взрыв ста тысяч атомных бомб, равных той, что была сброшена на Хиросиму.

К счастью, Гималайское землетрясение произошло в малонаселенной местности, поэтому сейчас об одной из сильнейших за всю историю подземных бурь помнят разве что специалисты. Мало кому памятно и сильное землетрясение 1811 года в штате Миссури, породившее большое озеро Рилфут: просела огромная площадь, но и на этот раз человеческих жертв, к счастью, почти не было.

А вот Ташкентское землетрясение 1966 года принадлежит к одному из самых известных — удар пришелся по крупному городу, столице республики. И далеко не все знают, что было оно не из самых крупномасштабных: семибалльный толчок ощущался всего лишь на площади в десять квадратных километров (в тысячи раз меньшей, чем в Гималаях в 1950 году). Что же касается энергии, которая выделилась при сдвиге подземных слоев, то она была в сотни раз меньше, чем энергия, породившая подземную бурю 1948 года в Ашхабаде.

Жители Ташкента мужественно встретили буйство стихии. Вспоминается, как люди, временно поселившиеся в палатках, вывесили лозунг: «Трясемся, но не сдаемся!» После землетрясения среди специалистов с новой силой вспыхнула дискуссия: а не отказаться ли от интенсивного городского строительства (особенно высотного) в сейсмически опасных районах?

Что ж, история знает примеры, когда люди отступали перед подземной стихией. Так, в XV веке жители Ялты, в страхе перед новыми землетрясениями, покинули город и возвратились в него только через сто лет. Считают, что по той же причине одна из древних столиц Армении не возродилась до сих пор на своем старом месте.

Однако чаще бывает иное: люди ни за что не хотят

покидать родные края. В некоторых странах Азии, где пытались переселить горцев из особо опасных сейсмических районов, они устраивали на дорогах завалы и с оружием в руках отстаивали право жить на земле отцов. Жители чилийского города Консепсьон в седьмой раз восстановили свои дома после разрушительного землетрясения 1960 года: шесть раз за четыре века существования Консепсьона подземные силы сметали его с лица земли. Но город продолжает жить.

Сейсмически опасные зоны охватывают огромные густонаселенные районы. Только в Советском Союзе они занимают пятую часть территории страны, на которой проживает свыше 50 миллионов человек, расположены сотни городов, среди них девять столиц союзных республик. Не может быть и речи о том, чтобы прекратить в них строительство. Однако для возведения там надежных сооружений нужно знать особенности и повадки подземной стихии.

В БОРЬБУ ВСТУПАЕТ НАУКА

В 1906 году Сан-Франциско пострадал от сильнейшего землетрясения. А вскоре после этого через пролив Золотые Ворота, на берегу которого расположен город, был построен самый длинный в мире мост. Фирмы, осуществлявшие строительство, вовсе не действовали «рассудку вопреки, наперекор стихиям». Они застраховали свое гигантское детище, и за бесчинство стихии теперь отвечала долларами страховая компания. Вот эта компания и решила приостановить стройку вплоть до выяснения степени риска. Выяснилось, что риск есть, но вполне приемлемый.

Для беспокойства была веская причина: вход в бухту у Сан-Франциско пересекает гигантская трещина в недрах земли — разлом Сан-Андреас. А с ним, как уже было известно, шутить не следует. В 1857 году Сан-Андреас разрушил форт Техон вблизи Лос-Анджелеса.

В пору землетрясения 1906 года земля у Сан-Андреаса, как говорится, ходила ходуном: концы дороги, пересекающей разлом, сместились на целых шесть метров. Сан-Андреас не успокоился и до сих пор: топографическая съемка показала, что он расширяется примерно на

5 сантиметров в год. Общеизвестно, что землетрясение — результат внезапного высвобождения энергии, которая накапливается в недрах земли на протяжении десятилетий. По расчетам, в районе Сан-Андреаса смещение значительных масштабов (до 6 метров) происходит примерно за сто лет. Иными словами, трагедия в Сан-Франциско может повториться в начале следующего века.

Что же, рекомендации сейсмологов не всегда однозначны. Им приходится судить о землетрясении главным образом по тем разрушениям и сдвигам, которые оно приносит.

Колонны и трубы, падая в одну сторону, подсказывают, с какой стороны налетела подземная буря. Памятники, сброшенные со своих пьедесталов, позволяют судить о силе подземной волны. Однако здесь все не так просто. До сих пор считается, что от подземного толчка груз может быть подброшен или перемещен в сторону. Но вращаться? Тем не менее, словно насмехаясь над здравым смыслом, здания нет-нет да и повернутся. В последний раз это произошло в Ташкенте в 1966 году. Повернулась верхняя часть одного древнего минарета.

А в 1952 году во время землетрясения в Калифорнии пропал... рельс. То есть не просто исчез, а изогнулся и спрятался под массивной стеной туннеля. Сейсмологи предположили, что стена подпрыгнула, а рельс в это мгновение кинуло под нее.

Чтобы не разгадывать подобные ребусы, а по-настоящему изучать землетрясение, сейсмологи обращаются к объективным свидетелям — приборам. Первые сейсмоскопы — трубки, из которых при подземных толчках выкатывались шарики, были созданы еще столетия назад, но они только отмечали сам факт подземной бури. Инструментальная сейсмология стала складываться уже в нашем веке, когда академик Б. Б. Голицын придумал первые электромагнитные приборы, фиксирующие колебания земли. За семь десятилетий созданы вполне совершенные сейсмографы.

При изучении колебаний земли режим эксперимента навязывает природа. Толчок может произойти в любом месте, в любой момент.

Японец Ф. Омори задался вопросом: какие колебания возникают чаще — те, что сотрясают землю прямо под сооружением, или те, что подходят к нему со стороны?

Природа не выбирает целей, решил он, значит, чаще бывают вторые, значит, чаще на сооружение наваливаются опасные для него горизонтальные нагрузки: они пытаются свалить и здания, и мосты, и трубы (вертикальные колебания в этом смысле менее опасны).

Так родилась первая теория расчета сейсмостойких конструкций: к основанию сооружения мысленно прикладывались возможные горизонтальные смещающие силы. Это было большим достижением науки: стало возможным рассчитывать конструкции и на условия землетрясений.

Первые научные рекомендации на основе накопленного опыта борьбы с последствиями землетрясений: приземистые здания на упругих, как матрац, основаниях, зеленые зоны безопасности в центре города, где можно найти убежище при сильных толчках.

Но чем больше советский сейсмолог К. С. Завриев знакомился с последствиями землетрясений, тем меньше удовлетворяли его эти рекомендации. Конечно, «горизонтальные силы» важны, но ведь часто толчок проходит под самим сооружением и бывает направлен вертикально.

В таком случае массивное сооружение всей своей массой воспринимает удар и разрушается. Может, надо создавать гибкие строения, пружинящие, подобные дереву, которое в бурю гнется? Так Завриев подошел к идее создания гибких конструкций.

В середине 20-х годов был организован специальный исследовательский институт сейсмостойких сооружений, который возглавил Завриев. Началась работа. Землетрясение начали изучать крупным планом. Отдельные сооружения как бы попали под микроскоп науки.

В 1926 году Завриев предложил «подпоясывать» дома антисейсмическими поясами. Они скрепляют здание, как обруч — бочку, как стальной каркас — борта корабля. Они не дают зданию развалиться от напора подземной бури. В таких «подпоясанных» домах проживают сейчас миллионы людей.

Здание в сейсмически опасном районе должно быть легким и прочным. И вот из института Завриева выходит первый в стране легкий бетон для стен, первый в мире преднапряженный бетон — материал, предопределивший в строительстве целую эпоху. Он-то и позволяет делать строительные конструкции с высокой степенью гибкости.

В 1957 году в Мексике произошло очередное землетрясение. Однако Мехико — столица государства, находившаяся дальше от эпицентра, чем города Тахко и Акапулько, пострадала сильнее. Почему землетрясение сильнее поразило не ближайшие, а дальний объект? Да потому, что Тахко и Акапулько стоят на каменных холмах, а Мехико — на отложениях, оставленных древним озером. Рыхлые грунты от подземных толчков колышутся подобно студню. И это оказалось гибельнее для зданий. В 1985 году город Мехико снова пострадал от сильного землетрясения.

Опыт показал, что в волнах, колышущих земную твердь, есть более и менее опасные места. Оказалось, что все зависит от подстилающих строения грунтов: гравий и песок надежнее, чем глина, тем более — глина, насыщенная водой. Самым надежным основанием оказывается прочная скала.

Определив степень опасности того или иного основания в сейсмических районах, ученые создали детальные карты более и менее опасных участков в Тбилиси, Ташкенте, Душанбе и других городах.

Постепенно начали оценивать на сейсмичность не только грунты, но и сами сооружения и районы застройки в целом. Широкие улицы, зеленые бульвары встают барьерами на пути столь опасных при землетрясениях пожаров. А вот статуи на крышах, лепные карнизы могут рухнуть от толчков на находящихся внизу людей. Выяснилось, что симметричность конструкций делает их более устойчивыми в пору подземных бурь.

КАЧЕСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА — СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ

...Много лет назад в Перу произошло сильное землетрясение. Пострадал Куско — тот самый город, где когда-то была древняя столица инков. При этом более разрушенными оказались новые здания, старинные же строения полностью сохранились.

В чем дело? Сравнительно новые дома, по идее, должны быть прочнее! Обнаружилось, однако, что качество строительства раньше было выше: строители очень точно пригоняли друг к другу массивные блоки, и это стало важным фактором их повышенной сейсмостойкости.

Качество строительства — примелькавшиеся слова. Но иного пути к созданию сейсмостойких конструкций нет.

Интересный проект создал и воплотил в жизнь инженер Ф. Д. Зеленьков. Под его руководством в Ашхабаде построен трехэтажный каменный дом, который, по идее автора, сможет успешно противостоять сотрясениям земли. Дом опирается на огромные рессоры, которые гасят колебания как амортизатор. Вес одного лишь болта — 120 килограммов. Однако металл расходуется не зря: связь экспериментального дома с землей в 13 раз меньшая, чем у обычных зданий. Предполагается, что и при десятибалльном землетрясении в доме даже не зазвенит посуда, а ведь обычно в районах, где возможны подземные толчки более восьми баллов, «звенит» не только посуда.

Так что же, найдена универсальная защита от землетрясения? Здесь специалисты отнюдь не единодушны. Считают, что рессоры обходятся дорого, а высотные здания ни на какие пружины не поставишь. Приходится искать и другие пути.

Универсального средства сейсмической защиты пока нет, а может быть, и не будет. Сейчас обычно исходят из местных особенностей строительной площадки. Чаще всего делают под зданием так называемый ленточный фундамент, своеобразную подушку, ослабляющую воздействие колебаний земли. Но это эффективно лишь в том случае, если грунт под зданием не оседает. Иногда поднимают сооружения на бетонных столбах, защищая его от самых разрушительных колебаний. Иногда используют в качестве буфера первый этаж высокого здания. Никаких дополнительных средств это не требует, особенно если там расположены просторные помещения — ателье, магазины,— огражденные высокими гибкими колоннами. Такой «гибкий» этаж действительно способен (хотя и не полностью) защитить здание при сильных толчках. Однако у этого способа есть и существенный недостаток: дом испытывает частые встряски — «эхо» далеких землетрясений.

Сегодня антисейсмическая техника позволяет возводить 10—15-этажные здания, способные успешно выдерживать землетрясения силой до семи-восьми баллов.

Конечно, есть сооружения, которые ни на какие амортизаторы не поставишь. Трехсотметровая Нурекская ГЭС, например, должна выдерживать самые сильные земле-

трясения. В не менее сложных условиях должна работать и высотная плотина, которая перегораживает реку Ингури в Закавказье. В тело плотины вделаны «сторожа-автоматы» — специальные сейсмографы. Таким образом, высочайшие в мире ГЭС служат не только энергетике, но и сейсмологии.

Чтобы проверить сейсмостойкость сооружения, приходится имитировать подземные толчки, «трясти» конструкции на мощных многопрограммных виброплатформах. И все-таки никогда нельзя сказать заранее, как поведут себя сооружения в пору подземной бури. Землетрясение и коварно и многолико, его «буйство» мало напоминает то, которое удается организовать в лабораториях. Поэтому ученые и инженеры решили устроить на него засаду.

В Душанбе на проспекте Ленина есть дом номер 90. Дом как дом, многоэтажное здание из железобетона, построенное по последним рекомендациям науки. Обычный жилой дом. И только одна квартира на первом этаже нежилая. Здесь контрольный пост, стоят приборы, провода от которых протянулись к датчикам на этажах.

Идет уникальное исследование: режим его навязывает стихия. Никто не знает, когда «заговорят» приборы, но когда «заговорят» — ученые получат в свое распоряжение важную дополнительную информацию об особенностях землетрясений в этом регионе земного шара.

Антисейсмическое строительство — это хорошо. А нельзя ли, как ни фантастично это звучит сегодня, предотвратить подземную бурю?

Обратимся вновь к разлому Сан-Андреас, что пролегает по границе между двумя плитами земной коры — Американской и Тихоокеанской. Время от времени края гигантских плит то в одном месте, то в другом внезапно начинают «тереться» друг о друга, порождая землетрясения, и чем реже при этом высвобождается энергия, тем разрушительней колебания земли.

Нельзя ли сильные ударные волны разбить на серии более слабых, хотя и более частых волн, иными словами — вызвать «искусственные» слабые землетрясения? Недавно стало известно о таком проекте: инженеры предложили пустить в разлом воду, чтобы сделать более плавным скольжение огромных плит. Но экспериментировать в густонаселенном районе Сан-Андреаса было бы безуми-

ем: вдруг неожиданно высвободится большая энергия? Инженеры нашли аналог Сан-Андреаса в более пустынном крае — на Аляске. Теперь эксперименты проводятся там.

Ученые надеются, что со временем будут выработаны средства для предотвращения сильных землетрясений.

Глава 6. СПАСЕНИЕ ОТ ЦУНАМИ

«ВЫСОКАЯ ВОЛНА В ГАВАНИ»

До сих пор мы говорили только о землетрясениях. Но ведь сдвиги в земной коре неизбежно должны вызывать и «моретрясение». И действительно вызывают, да еще какие! «Иной раз, когда стены и крыши уже падали в пыли и пламени, посреди крика и тишины, когда все казалось уже навсегда успокоенным в смерти, выходила из Моря, как последний ужас, Великая Волна, гигантская рука Моря, которая грозно надвигалась, поднималась вверх, как башня мести, смывая жизнь во всю ширину своего пути». Так рассказал об этом стихийном бедствии его очевидец, замечательный чилийский поэт Пабло Неруда. Стихийное явление, когда после землетрясения где-нибудь в океане гигантская волна накатывается на берег, разные народы называют по-разному: немцы и англичане — приливной волной, французы — стремительным приливом, японцы — цунами, что переводится как «высокая волна в гавани». Последнее название привилось и в русском языке.

Где и когда впервые встретились люди с цунами? Ответить на этот вопрос трудно: большинство письменных источников относится к Европе и Ближнему Востоку, явление же это характерно в основном (хотя и не исключительно) для берегов Тихого океана — для тех самых «поясов», где происходит примерно восемьдесят процентов всех землетрясений на Земле.

В открытой не так давно библиотеке глиняных табличек — ее раскопали у поселка Рас-Шамра в Сирии — найдена клинопись, повествующая о том, как волна невиданной силы смыла столицу находившегося в этих местах государства Угарит.

Гибель легендарной Атлантиды также, возможно, связана с землетрясением и цунами. Некоторые ученые полагают, что катастрофа эта произошла в середине 2-го тысячелетия до н. э., когда взорвался подводный вулкан у греческого островка Тиры (Санторин). Такое извержение вполне могло породить большую, разрушительную волну цунами. Извержение у Тиры привело к гибели минойской культуры на Крите. Но здесь ли была расположена платоновская Атлантида, остается пока загадкой.

Грозное природное явление цунами, связанное обычно с землетрясением, оставляло неизгладимый след в памяти народов. Есть мифы о Всемирном потопе: шумерские, христианские, исламские. Оставили свои сказания о наводнениях и многие народы Западной Европы: баски, кельты, ирландцы, скандинавы.

В ритуальной книге жрецов майя «Чилам-Балам», в которой описывается подобная катастрофа, отмечается, что люди «были погребены среди песка в морских волнах».

О подобных волнах повествует и легенда манданов — вымершего племени индейцев, обитавших в Северной Америке: тучи закрыли Солнце, Луну и звезды, а когда рассвело, появились «водяные горы», затопившие землю.

Легенда о потопе распространена и среди полинезийцев Гавайских островов, района, в большой степени подверженного цунами. В ней рассказывается о государстве бога Кане — Ка-Ху-О-Кане, которое находилось где-то в Тихом океане и погибло во время «нашествия волн»...

КАК ЭТО ОБЫЧНО ПРОИСХОДИТ

Чем же объяснить, что «высокая волна в гавани», так или иначе, просматривается в большинстве легенд, где описано буйство водной стихии? Во-первых, тем, что явление это старо как мир: ученые открыли следы цунами, которые бушевали несколько тысячелетий назад. Во-вторых, его повсеместностью и сравнительной частотой (за последние 2500 лет отмечено более 800 катастрофических цунами). И в-третьих, его неожиданностью, «последей-

ствием»: «высокая волна» приходит обычно тогда, когда землетрясение уже позади.

1 ноября 1755 года страшная катастрофа поразила столицу Португалии — город Лиссабон. Был День всех святых — католический праздник, жители собрались на богослужение, когда оглушительный грохот и толчок потряс город. Стены рушились. Свечи и лампады в церквах вызвали пожары. К полудню город, можно сказать, был почти начисто сметен с лица земли. И когда, казалось, уже ничто не могло ухудшить положение несчастных лиссабонцев, на город обрушилось море: вначале вода отступила из бухты, а затем огромная, тридцатиметровая волна двинулась на Лиссабон. Погибла масса людей.

Церковь назвала лиссабонскую трагедию «карой господней», а отступление и новое наступление моря — «дуновением божьим». Теперь мы знаем: это было цунами.

Коварство цунами заключается в том, что «возбудитель» этого явления находится под дном океана и, как правило, за сотни, а то и за тысячи километров от того места, где проявляются вызванные им последствия. Не всякое подводное землетрясение порождает разрушительную волну, а вот если очаги его лежат неглубоко, то подземный толчок смещает большой участок дна, который, действуя наподобие поршня, выталкивает над поверхностью моря водную колонну — она в свою очередь порождает бегущие во все стороны волны.

Наблюдения и исследования последних трех десятилетий помогли раскрыть механизм зарождения и эволюции «большой волны». Толчок этим работам дала катастрофа, обрушившаяся в 1946 году на Гавайские острова.

Цунами зародилось почти в четырех тысячах километров от Гавайев, в Алеутской гряде, у острова Унимак. Подводный толчок породил столь большую волну, что она смыла маяк, возвышавшийся на 34 метра над уровнем моря. Обрушившись на острова в виде вала высотой с пятиэтажный дом, цунами разрушило сотни домов — сила волны была так велика, что довольно большой, из металлоконструкций мост отбросило далеко в сторону. Погибло много людей, материальные убытки были колоссальны.

Почему цунами оказалось столь «дальнобойным»? И эта загадка раскрыта наукой. Подводный толчок порождает так называемую длинную внутреннюю волну —

длина ее сотни, а то и тысячи километров. Когда волна подошла к берегу, к мелководью, она как бы встала на дыбы и обрушилась на Гавайи.

Сильные цунами не так уж редки: в районе Тихого океана они происходят примерно раз в год. Катастрофические же — подобные тому, что в 1946 году произошло на Гавайях,— к счастью, случаются много реже. Так, из 16 сильных цунами, зарегистрированных с 1737 года в районе Камчатки и Курильских островов, к разряду катастрофических относят только четыре.

Вот как описывает сильнейшее цунами 1737 года известный исследователь Дальнего Востока С. Крашенинников: «...около Авачи, как и на Камчатской лопатке и на островах, было страшное землетрясение с чрезвычайным наводнением, которое следующим образом происходило. Октября 6 числа помянутого 1737 года пополуночи в третьем часу началось трясение и с четверть часа продолжалось волнами так сильно, что многие камчатские юрты обвалились и балаганы попадали. Между тем учинился на море ужасный шум и волнение, и вдруг взлилось на берег воды в вышину сажен на три, которая нимало не стояв, сбежала в море и удалилась от берега на знатное расстояние. Потом вторично земля всколебалась, воды прибыло против прежнего, но при отливе столь далеко она сбежала, что моря видеть невозможно было. В то время усмотрены в проливе на дне морском, между первым и вторым Курильским островом, каменные горы, которые до того никогда не виданы, хотя трясение и наводнение случалось и прежде. С четверть часа после того спустя последовали валы ужасного и несравненного трясения, а при том взлилось воды на берег в вышину сажен 30, которая по-прежнему, нимало не стояв, сбежала в море и вскоре стала в берегах своих колыбаясь через долгое время, иногда берега поднимая, иногда убегая в море. Пред каждым трясением слышан был под землею страшный шум и стенание».

Особенно поучительным в этом смысле был 1923 год. 14 февраля на восточный берег Камчатки, от Авачинской губы до города Усть-Камчатска, одна за другой хлынули три «большие волны». Сила их была так велика, что двухметровые льдины были выброшены на берег на расстояние до двух километров. Вода смыла в море лодки, запасы рыбы и соли. А день спустя водяной вал высотой

с трехэтажный дом смыл часть поселка Усть-Камчатск (тогда он еще не был городом) и три рыбозавода. Были человеческие жертвы.

Однако из этой беды были сделаны выводы. Жители обнаружили, что от «высокой волны» страдают отнюдь не все окрестные места. Впоследствии, когда стихия снова набросилась на разросшийся Усть-Камчатск, ученые провели «игру стихий» на модели и выработали рекомендации, куда переместить постройки с «цунамиопасной» Дембиевой косы в более безопасное место. Произошло это уже в середине 60-х годов.

Самой сильной катастрофой последних десятилетий на Дальнем Востоке было цунами 1952 года. И хотя волна, обрушившаяся на остров Парамушир, по-видимому, уступала по высоте той, которую так красочно описал Крашенинников, по охвату территории и по причиненному ущербу это наводнение не имело себе равных на Дальнем Востоке.

Как уберечься от беды? Чтобы нащупать пути решения проблемы, ответим раньше на вопрос — почему цунами целит в одни и те же районы: Усть-Камчатск в 1923 и 1964 годах, остров Парамушир в 1737-м и в 1952-м? Дело, конечно, не в том, что места эти фатально обречены. Просто волна, идущая к берегу, усиливается, вырастает в размерах из-за очертаний побережья: в первом случае — это бухта, собирающая волну в фокусе, как рефлектор, во втором — сужающийся мелководный пролив, поднимающий водный вал «на дыбы».

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Изучая последствия цунами, ученые районируют побережья по степени их «цунамиопасности». В некоторых местах — как на Дембиевой косе — больше ничего не строят, в других (на Парамушире, например) основные постройки возводятся на высоком холме, недосягаемом для водяного вала.

Но это лишь частные меры, совсем уйти от берега нельзя: там расположены порты, рыбозаводы, а в Калифорнии, например, еще и атомная электростанция. Есть другое средство — укреплять наиболее уязвимые районы и в случае опасности срочно эвакуировать людей в без-

опасные места. Для этого нужно научиться предсказывать «высокую волну».

Как мы уже отмечали, большинство цунами порождаются подводными толчками. Звук от землетрясений обгоняет водяной вал и может служить предупреждением о надвигающейся волне. Правда, далеко не каждое землетрясение вызывает цунами. Ложные тревоги могут привести к тому, что затем и в настоящую никто не поверит.

Точный прогноз цунами станет возможным лишь тогда, когда удастся раскрыть природу и скрытые механизмы этого явления, начинающегося далеко от глаз человека, в глубинах океана.

Директор Сахалинского комплексного научно-исследовательского института С. Л. Соловьев предложил заняться поиском и изучением «малых цунами», которые возникают значительно чаще, чем большие.

В 1975 году в научный рейс вышел советский корабль «Валериан Урываев». Ученые отправились изучать цунами. В океан были погружены приборы, способные улавливать даже самые слабые подводные толчки и фиксировать едва заметные, миллиметровые волны, которые могут вырасти и породить у берегов опасные водяные валы. Приборы эти работали без участия человека. Собрав нужную информацию, они всплывали на поверхность и подавали на корабль «радиоголос», чтобы их взяли на борт.

В это же время на мысу Край Света курильского острова Шикотан вела работу гидрофизическая обсерватория того же института. Специальные сейсмические приборы укладывались на дне океана на расстоянии 10—20 километров от берега. Они «слушали» слабые подводные удары, а датчики давления улавливали «микроцунами», соотнося очаг его возникновения с эпицентром землетрясения.

Работа эта продолжается, прогнозы регулярно поступают уже сейчас. Советской службе предупреждения цунами удалось не пропустить ни одной «высокой волны» начиная с 1958 года. Так, 24 мая 1960 года, когда цунами наблюдали в Чили и Японии, у нас беду удалось предупредить благодаря бдительности дежурного на сейсмостанции в Северо-Курильске: население заблаговременно узнало о надвигающейся волне и сумело вовремя укрыться.

Недавно создан Международный комитет по цунами.

Большая группа ученых из СССР, Канады, США, Японии и других стран ведет комплексное исследование этой проблемы. Уже создана и постоянно совершенствуется международная система предупреждения цунами. Ученым рисуется близкое будущее, когда сотни приборов, подобных тем, что были на «Урываеве», будут слушать пульс земли под океаном, фиксировать на его поверхности малейшие волны, способные породить беду, а система спутников связи, передающих информацию на ЭВМ, мгновенно оповестит население об опасности сразу после зарождения «высокой волны» и задолго до того, как она обрушится на берег.

Глава 7. ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНА — ОКЕАН ПРОБЛЕМ

МЫ ЖИВЕМ НА ПЛАНЕТЕ ОКЕАН

Проблема цунами увела нас с суши в океан. Впрочем, проблемы «тверди» и «хлябей» переплетаются настолько тесно, что их невозможно рассматривать в отрыве друг от друга. Между тем в океане не меньше загадок, чем на суше. Более того, человечеству он известен гораздо хуже — люди пока не знают ответов на многие вопросы, связанные с океанскими просторами. Отправившись в космос, ступив на Луну и послав аппараты на другие планеты, о своей земной колыбели — океане в целом ряде вопросов мы обладаем меньшей научной информацией, чем об окружающем нас космическом пространстве, хотя и знаем теперь в общем-то немало.

Когда древние мудрецы пытались представить себе наше мироздание, они помещали всю твердь земную в виде огромного острова, омываемого со всех сторон Мировым океаном (по-гречески океанос — великая река, обтекающая Землю). И, надо сказать, были не так уж и далеки от истины. Мировой океан, как выяснилось позднее, действительно занимает 70,8% земной поверхности (в Северном полушарии — более 60%, в Южном — более 80%), так что с известным основанием шесть земных материков можно считать просто гигантскими ост-

ровами, среди множества других помельче, в бескрайних водных просторах.

Если сравнивать океанские глубины с высотами суши, то сравнение также окажется в пользу океана. Почти три четверти дна океана располагается на глубинах от 3 до 6 километров, а наибольшая глубина превышает 11 километров, тогда как высочайшая горная вершина суши не достигает и 9 километров.

Океан — огромный естественный аккумулятор не только влаги, которая затем проливается на землю дождями, но и солнечного тепла. Конечно, в придонных слоях холодновато, там температура падает до одного-двух градусов Цельсия, а в полярных областях и вовсе опускается ниже нуля. Вода там не промерзает до дна только потому, что соленая, которой для превращения в лед нужна более низкая температура, чем для пресной. Зато среднегодовая температура поверхностных океанских вод равна 17,5° С — совсем комнатная! Это на целых три градуса выше среднегодовой температуры воздуха над океаном: 14 и 17 градусов для человека — большая разница. А главное, накапливая тепло, океан смягчает земной климат, охлаждает его летом и подогревает зимой. Одно дело, как известно, морской климат где-нибудь в умеренных широтах: двадцать градусов тепла летом, да еще с частыми дождями, и не ниже 5—10 градусов мороза зимой. И совсем иное — климат континентальный, с перепадами температур от 40 градусов жары летом до 40 мороза зимой, а нередко — от нескольких градусов мороза ночью до тридцатиградусной жары днем.

Раз океан — аккумулятор тепла, то он, само собой разумеется, и аккумулятор энергии. Не только механической — волны, приливы, но и гидротермической — разница температур между холодными глубинными и теплыми поверхностными слоями воды.

По мере того как мировой топливно-энергетический баланс становится все напряженнее (в перспективе ближайших десятилетий подходят к концу сравнительно легко и дешево добываемые запасы нефти, природного газа, угля), ученые все более внимательно присматриваются к потенциальным энергетическим возможностям океана. Мысленному взору рисуются гигантские приливные электростанции XXI века (перепад уровня воды у плотины — до 18 метров), тысячекилометровые линии вол-

новых электростанций, электрокабели, протянутые к побережью от гидротермических энергоустановок в тропических океанских прибрежных водах.

Океан — хранитель огромных богатств. В морской воде растворены многие ценные металлы. Со временем люди научатся добывать их из океана так же, как добывают сегодня из-под земли.

Великий русский ученый Д. И. Менделеев мечтал в свое время об отдаленном будущем, когда люди станут производить синтетические материалы с заранее заданными свойствами не только из органического сырья — из той части нефти, газа, угля, которую удастся спасти от сожжения в топках энергоустановок, но и из сырья неорганического: из горных пород, азота воздуха и из морской воды. А сегодня люди ставят на морском мелководье буровые вышки для добычи нефти и прикидывают, как добраться до огромных залежей конкреций — этаких булыжников из металла, которыми усеяно дно океана (к сожалению, на сравнительно большой глубине). Ну, и конечно же, рыба, другая морская живность, высококалорийные водоросли — великое подспорье продовольственному балансу человечества в условиях, когда каждый третий человек на Земле сегодня не получает полноценного питания и сотни миллионов жестоко голодают.

Продовольственные ресурсы Мирового океана, по существу, только еще начинают разрабатываться в полную силу. Пока что «вклад» океана в мировой продовольственный баланс не превышает нескольких процентов, а теоретически мог бы составлять несколько десятков. Все съестное, что добывается из океана, это на 90% рыба, на 5% — разные моллюски (устрицы и пр.), на 3% — ракообразные (крабы, омары, креветки и т. д.) и на 2% — водоросли. При этом в одних районах океана, сравнительно давно освоенных, добывается вдесятеро больше «даров моря», чем в других таких же, но освоенных гораздо хуже. Это показывает, что в принципе добычу морских продовольственных продуктов можно увеличить в несколько раз. Но одновременно это показывает, что пора относиться к Мировому океану по-хозяйски, всюду переходить от рыболовства к научно поставленному рыбоводству, не загрязнять океанские воды, стараться комплексно развивать водное хозяйство, так, чтобы добыча полезных ископаемых со дна моря не мешала водорос-

леводству, а это последнее, в свою очередь,— плантациям по разведению моллюсков и ракообразных, рыбозаводам и рыбным «пастбищам».

Мировой океан XXI и тем более XXII века рисуется воображению как огромное и сложное хозяйство глобальных масштабов. Обширные районы необходимо оставить в качестве заповедников; в других, еще более обширных, вторжение человека придется ограничить минимальными масштабами; наконец, поднимутся над волнами искусственные города-острова, плавучие, свайные, насыпные, начнут работать заводы на минеральном и органическом сырье с океанского дна, раскинутся плантации кормовых, съедобных, лечебных водорослей, в гигантских «садках» протяженностью в десятки километров будут «пастись» на откорме ценные породы рыб, устриц, крабов, креветок.

Освоить полностью сокровищницу Мирового океана непросто. Для этого надо гораздо лучше знать его особенности. Как известно, материки разделяют Мировой океан на четыре части — Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. И у каждого из них, даже в различных областях каждого из них — свои весьма существенные особенности.

Но есть и не менее, если не более существенные общие черты. Они касаются и строения океанского дна, и морских течений, теплых и холодных, и законов «перемешивания» разных слоев морской воды, и волн, достигающих чуть ли не 15-метровой высоты — высоты современного пятиэтажного дома. И конечно же, разного рода катастрофических явлений, начиная от подводных извержений вулканов, оползней, буйных штормов на поверхности и кончая волнами от землетрясений, которые могут быть выше самых высоких штормовых.

Океанология — наука сложная и увлекательная. Ей приходится иметь дело с миром, во многом не познанным, не менее удивительным, чем мир Марса или Венеры. Океанологи любят подчеркивать, что мы пока что знаем Мировой океан гораздо хуже, чем ближний Космос. Предстоит узнать лучше, и прежде всего раскрыть те его «тайны», которые препятствуют дальнейшему его освоению человечеством.

ПОЧЕМУ МОРЕ СОЛЕНОЕ?

Откуда вообще взялась вода на Земле?

Поскольку продолжаются научные дискуссии об особенностях образования планеты Земля, то вполне логичны дискуссии и по вопросу о том, откуда взялась на ней вода.

Не так давно некоторые ученые считали, что гидросфера — продукт «сгущения» атмосферных водных паров при остывании Земли. Однако в Мировом океане 1336 миллионов кубических километров воды. Такое колоссальное количество воды могла «вместить» атмосфера во много тысяч километров толщиной. Маленькой Земле удержать ее над собой было бы не под силу. Остается предположить, что миллионы лет подряд на Землю низвергались горячие дожди, которые питались испарением подземных вод. Гипотеза не очень убедительная.

По другой гипотезе, о которой мы уже упоминали выше, Земля образовалась в результате «слипания» холодных космических тел, которые постепенно разогревались. Действительно, при этом могла выделяться вода. Но и здесь расчеты показывают, что таким путем вряд ли мог получиться наблюдаемый результат.

Есть мнение, что основным источником воды на нашей планете могли быть породы мантии подземной коры. Однако, даже если принять общий запас воды в ней равным теоретически предельно возможной величине, то придется предположить, что при образовании океана мантия потеряла всю воду. Маловероятно.

Еще одно мнение: воду на землю принесли... кометные льды.

И еще одна загадка: почему вода в океане соленая? Общий объем солей в океанской воде так велик, что из них можно сделать вокруг планеты панцирь толщиной в 45 метров.

Академик В. И. Вернадский считал, что растворение солей в морской воде шло вместе с формированием океана и с тех пор «соленость» океана остается неизменной.

Существует и противоположная точка зрения: вначале океан был пресным, соли в него нанесли реки. Действительно, ежегодно реки выносят в океан много кубических километров различных веществ, в том числе и солей. За 37 тысяч лет реки могли бы целиком заполнить водой ложе Мирового океана, если бы оно было безводным. Так

как смена океанских вод происходила, по-видимому, большое число раз, то должна была изменяться и их «соленость». Однако резкого изменения солености мы не отмечаем ни до палеозоя, ни в мезозойскую эру (подробнее об этом — в следующей части книги).

Поражает сбалансированность солевого состава морской воды. Соль уносится ветром вместе с испарениями, она выпадает на дно вместе с умирающими организмами и железо-марганцевыми конкрециями. Так, вместе со скелетами некоторых разновидностей своей фауны океан теряет каждый год миллионы тонн кремнезема. Кораллы, погибая, уносят десятки миллионов тонн углекислого кальция. Рекам совершенно не под силу компенсировать эти расходы. И все-таки солевой состав океанских вод сохраняет устойчивость.

СОКРОВИЩНИЦА ОКЕАНСКОГО ДНА

Все процессы и явления в Мировом океане взаимосвязаны и взаимообусловлены. Это особенно заметно, когда задумываешься над загадкой железо-марганцевых конкреций, «комочков» руды, которыми усеяны огромные площади океанского дна. В трех океанах — Тихом, Атлантическом и Индийском — скопилось около 200 миллиардов тонн таких конкреций. На их создание не хватило бы всего марганца и железа, которые растворены в водах Мирового океана. Откуда же взялись эти колоссальные массы?

Допустим, что при их формировании в процесс вступают вещества, находящиеся под морским дном, то есть в придонной толще совершается непрерывный переход растворимых закисных соединений из грунта в нерастворимые окисные. Для этого процесса требуется огромное количество свободного кислорода. Откуда он берется? Если же элементы поступают из придонных вод, то темп циркуляции на больших глубинах должен быть очень большим. Исследования океанских впадин на «Витязе» опровергли мнение, что они заполнены тысячелетними застойными толщами воды. И все же циркуляция воды недостаточна, чтобы транспортировать вещества для конкреций. К тому же сама вода тоже должна откуда-то получать железо и марганец. Откуда?

Возможно, к рождению океанских руд в равной степени причастны и грунт и воды океана. Ряд наблюдений указывает на солидный возраст конкреций: за 1000 лет нарастает слой в 1—2 мм, значит, конкрециям размером 4—5 см должно быть «от роду» 10—30 тысяч лет.

ИЗУЧЕНИЕ «ПОДВОДНОГО АРХИВА» ПЛАНЕТЫ

Миллионы лет умирали морские животные и растения, останки их попадали на дно. Так нарастали слои — страницы удивительной книги, которая сохраняется в темноте и вечном холоде подводного царства. Там записаны важные сведения по истории планеты. Толщи воды, как могучий панцирь, охраняют этот «архив» от губительного действия времени.

Еще недавно мы могли читать лишь первые страницы этой «книги»: трубка, которую с большой скоростью опускали с корабля в глубь вод, вонзалась в морское дно примерно на полметра, а донные наслоения даже в удаленных от берега районах в 1000—2000 раз толще. Но с каждым десятилетием океанологи проникают все глубже и глубже в донный грунт.

Обрабатывая такие толщи, ученые применяют палеотемпературный метод. Он основан на том, что содержание разных изотопов кислорода в донных слоях зависит от температуры, при которой жили организмы. Таким образом, количество изотопов кислорода, обнаруженное в останках, дает ученым возможность судить о климате далеких эпох. С помощью этого своеобразного термометра удалось установить несколько периодов похолоданий и потеплений за последние сто тысяч лет.

Делаются попытки бурить земную кору сквозь толщу вод и донных осадков, что, надо думать, даст возможность прочитать новые страницы истории нашей планеты.

Иногда спрашивают: зачем человек стремится в океан? Разумеется, места достаточно и на суше, но как же людям, все более интенсивно разрабатывающим богатства земных недр, отказаться от несметных богатств Голубого континента? Золота, растворенного в морских водах, столько, что, если добыть его полностью, на каждого жителя нашей планеты его придется чуть ли не по тонне! Кобальта в океанской воде в тысячу раз больше, чем на суше. Никеля,

молибдена, йода — неисчислимые запасы. Правда, все эти вещества растворены в массах воды. Однако сама природа подсказывает пути к их добыче.

Некоторые морские организмы обладают способностью концентрировать полезные для нас элементы. В живом лангусте концентрация кобальта в сотни тысяч раз большая, чем в морской воде. В крови асцидий растворен ванадий, выполняющий ту же роль, которую в крови человека играет железо (поэтому кровь асцидий зеленая). Концентрация ванадия в их организмах в миллиарды раз выше, чем в окружающей водной среде. Интересно, что ниобий раньше обнаружили в теле асцидий, а затем уже, в микроскопических дозах, в водах Плимутского залива, на дне которого они обитают.

Воображение рисует океанские плантации будущего — живые «аккумуляторы» золота, кобальта, ванадия. Может оказаться, что биохимики выведают у жителей океана их секреты и создадут на этой основе технологию подводных заводов для добычи руд.

Не только минералами, но и энергией сказочно богат океан. Только мощь его приливов равна примерно миллиарду киловатт, что больше энергетического потенциала всех земных рек. В 1959 году во Франции, на берегу Ла-Манша, заработала первая ПЭС — приливная электростанция. Год спустя строительство аналогичного сооружения началось на французской реке Роне. У нас ПЭС построена на северном побережье Кольского полуострова.

Своеобразно энергию океана используют в Абиджане (Африка). Там сооружена первая очередь гидротермической станции, работающей на разности температур поверхностных и глубинных вод. Вода с температурой 30 градусов засасывается из прогреваемой солнцем лагуны в паровой котел, где давление равно одной сотой атмосферы. Здесь она закипает и пар вращает турбину, а затем охлаждается водой, поднятой с глубины 500 метров.

Человек начал всестороннее наступление на тайны океана. Исследовательские корабли покрывают океан сетью научных станций. Все глубже уходят под воду батискафы. Над планетой кружатся метеорологические спутники, фотографируя водные просторы.

И, осваивая Голубой континент планеты, человек все больше понимает неразрывное единство трех ее стихий — земли, воды и воздуха.

Глава 8. ПРОЗРАЧНАЯ ВУАЛЬ ЗЕМЛИ

ЗЕМНАЯ АТМОСФЕРА — ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

Общеизвестно, что на Земле четыре океана — Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Но иногда приходится слышать и о «пятом океане» — воздушном.

Мы, земляне, живем на дне этого самого глубокого из океанов, раз в двадцать более глубокого, чем самые глубоководные бездны Мирового океана.

Как придонные океанские рыбы, мы очень плохо переносим верхние слои своей родной среды. Даже на горе высотой всего несколько километров над уровнем моря дышится с трудом, на самые высокие горные вершины альпинисты взбираются зачастую в кислородных масках. А ведь над ними еще — десятки и даже сотни километров толщи «пятого океана», причем, в отличие от первых четырех, здесь нет «уровня моря», а есть постепенный переход к межпланетному пространству околоземного космоса.

Нижняя, «придонная» часть атмосферы — газовой оболочки, окружающей Землю,— называется тропосферой. Она простирается ввысь всего на 8—10 км в полярных, 10—12 км в умеренных и 16—18 км в тропических широтах, но в ней сосредоточено более 4/5 массы атмосферного воздуха. Здесь сильно развиты турбулентность (ветры, вихри) и конвекция воздушных течений; здесь сосредоточена преобладающая часть водяных паров; здесь на высотах от нескольких сот метров до нескольких километров образуются почти все разновидности облаков, от низко стелющихся дождевых и кучевых до далеких перистых; здесь и только здесь могут летать самолеты.

За тропосферой следует стратосфера, «надстилающая» оболочка. Она поднимается до высот свыше 50 километров. Здесь воздух разрежен во много раз сильнее, чем даже

сильно разреженный воздух верхних слоев тропосферы. Зато повышается температура воздуха. И если стюардесса воздушного лайнера, летящего на высоте десятка кило метров, объявляет: «Температура за бортом — минус пятьдесят градусов», то стюардесса ракетоплана, проносящегося на высоте полусотни километров (если, конечно, такие ракетопланы XXI века будут перевозить пассажиров), вполне может объявить: «Температура за бортом — около нуля». Это солнце нагревает прослойку воздуха с резко повышенным содержанием озона — трехатомного кислорода. Озоновый слой, как известно, предохраняет живые организмы на Земле от чрезмерно мощного для них коротковолнового ультрафиолетового излучения нашего светила. Водных паров в стратосфере мало, но они все же есть, о чем наглядно свидетельствуют так называемые перламутровые облака — тонкие, просвечивающие облака, изредка возникающие на высоте 20—30 км и видные только на темном небе после захода или перед восходом Солнца.

За стратосферой идет мезосфера — «промежуточный» слой на высотах от 55 до 80 километров, где температура воздуха снова значительно понижается (примерно до минус 90° С). На высоте выше 100 км растет доля легких газов, среди которых преобладают гелий и водород. Часть молекул газов под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения разлагаются на атомы и ионы, образуя ионосферу. Затем на высоту до 200—400 километров поднимается термосфера — «горячий слой», названный так потому, что температура там вновь повышается примерно до 1000° Цельсия[1]. «Грелкой» и в этом случае служит Солнце. В верхних слоях мезосферы и в нижних слоях термосферы (на высоте 70—90 км), где температура еще относительно низка, порой на фоне ночного неба чуть заметно слабое серебристо-синее свечение — серебристые облака, самые высокие в атмосфере. Они свидетельствуют о том, что даже на такой огромной высоте и при такой значительной

---

[1] Разумеется, эта температура, как и температура озонового слоя, относится к чрезвычайно разреженным частям атмосферы: метеориты «проскакивают» термосферу и сгорают в менее «горячих», но более плотных нижних слоях атмосферы. Мы ошиблись бы, если бы приняли такую «температуру» за привычное нам обыденное «холоднее-горячее»,— это кинетическая температура частиц газа.

разреженности воздуха все-таки дают еще себя знать водяные пары. На высотах более 90 км и до верхних пределов термосферы наблюдается лишь полярное сияние (у нас более известное как северное сияние) — быстро меняющееся свечение отдельных участков ночного неба в высоких широтах в результате возбуждения разреженных слоев воздуха под действием «бомбардировки» атмосферы частицами солнечного излучения.

Нужно сказать, что открытие термосферы явилось в свое время большой сенсацией. Так «очевидно» было: раз температура с высотой воздуха понижается,— стало быть, она так и должна последовательно понижаться.

Напомним, что первые километры высоты давались человечеству очень трудно. Самые «дальнобойные» аппараты 30-х годов — стратостаты — могли подниматься лишь до высоты 15—22 км, причем за эти успехи нередко приходилось платить жизнями отважных стратонавтов.

«Прослушивание» атмосферы показало, что радиоволны отражаются и возвращаются на Землю от каких-то особых слоев, резко отличающихся от тропосферы.

И только потом систематическое исследование верхних слоев атмосферы с помощью широкого набора средств — от радиозондов до геофизических исследовательских ракет — показало, какой «слоеный пирог» представляет собой земная атмосфера.

Мы перечислили только основные слои, не упомянув о промежуточных. А чтобы быть точным, следовало бы добавить, что между тропосферой и стратосферой на несколько километров тянется переходный слой, именуемый тропопаузой; между стратосферой и мезосферой — еще более протяженный переходный слой, стратопауза; между мезосферой и термосферой — мезопауза.

Кроме того, верхние слои атмосферы, начиная от 50—80 км, со значительным содержанием атмосферных ионов и свободных электронов (в пределах магнитосферы Земли) носят общее название ионосферы.

200—400 километров над поверхностью Земли — это очень высоко. Это высота, на которой кружат над Землей космические корабли типа «Союз». И тем не менее даже на такой высоте земная атмосфера не кончается. Следуют еще многие сотни километров экзосферы — внешней газовой оболочки (разумеется, еще более разреженной).

и еще многие тысячи так называемой водородной короны Земли, состоящей из атомов водорода. На этих высотах Земля окружена оболочкой из заряженных частиц, температура которых достигает нескольких десятков тысяч градусов. Нельзя забывать только, что это — температура очень разреженных частиц, поэтому космические аппараты, например, сильно раскаляются при вхождении в плотные нижние (хотя и сравнительно холодные) слои атмосферы, но, как и метеориты, легко «проскакивают» экзосферу и водородную корону.

Ученые подозревают, что мы живем совсем не в той атмосфере, которая образовалась первоначально вместе с Землей. Та, первичная, атмосфера частью улетучилась в космическое пространство, частью значительно изменилась: пополнилась за счет выделения газов из литосферы в результате вулканической деятельности, за счет химических реакций между атмосферными газами и породами, слагающими земную кору, за счет деятельности живых организмов. Таким образом сложилась вторичная атмосфера — тот самый воздух, которым мы дышим.

Но воздух — понимая под ним сложную смесь, состоящую почти на четыре пятых из азота, на одну пятую — из кислорода и на десятые, сотые, тысячные, десятитысячные доли процента — из аргона, углекислого газа, неона, гелия, метана, криптона, ничтожнейших долей ряда других газов,— это только тропосфера, стратосфера и мезосфера. На высоте всего десяти километров воздух сильно разрежен. Далее идут еще более разреженные газы, которые трудно назвать воздухом: там появляются свободные атомы и свободные электроны.

А ведь помимо атмосферы наша планета обладает не менее мощной магнитосферой, ее свойства, как мы знаем, определяются магнитным полем Земли, с которым взаимодействуют и потоки заряженных частиц космического происхождения.

Все это — сложнейший предмет исследования.

СТРАННОСТИ «ПЯТОГО ОКЕАНА»

Пожалуй, первым, кто основательно занялся изучением воздушной оболочки планеты, был Аристотель.

Он поместил «Воздушную реку» над Сферой Земли.

Все звезды, Солнце и Луна оставались выше, в «вечных сферах», кометы же, метеоры, полярные сияния и облака считались им обитателями атмосферы.

Аристотель делил Сферу Воздуха на три части. Первая, самая нижняя, обогревалась отраженным от поверхности Земли теплом. Во второй, более высокой и холодной, рождались облака. Еще выше, по его мнению, существовал горячий слой — «теплое одеяло», укутывающее Землю.

Менее полувека назад общепринятая теория утверждала, что температура верхних слоев атмосферы — минус 53 градуса. Как мы уже говорили, сравнительно недавно в этих слоях было открыто предсказанное Аристотелем «теплое одеяло».

Между тем за последние десятилетия было накоплено немало новых сведений о воздушном океане.

Сначала больше всего изумляли странности распространения звука в атмосфере. Звук, едва слышимый за несколько километров, вдруг становился громче на более далеких расстояниях. Может быть, где-то на большой высоте есть «звукопровод» — более плотный слой воздуха, который и переносит звуки? На первый взгляд абсурд, не так ли? Провели радиолокацию. Оказалось, на высоте 30—40 километров имеется «отражающий» слой воздуха.

Ракеты позволили подняться выше. Взятые ими с собой спектрометры докладывали на Землю о составе и температуре воздушных толщ. Дополнительные сведения о плотности и составе атмосферы получали на основе данных о том, как поглощает атмосфера ультрафиолетовое излучение Солнца.

Однако на пороге космической эры никто не мог сказать, где заканчивается Сфера Воздуха и где «пятый океан» граничит с мировым пространством. Просто все, что ниже 150 километров, условно считалось атмосферой, а то, что выше,— ионосферой и далее открытым космосом. Жизнь показала шаткость умозрительных схем, не подкрепленных наблюдениями, экспериментами.

Конец пятидесятых годов нашего века. Первые спутники стартуют в космос, то есть, как считали тогда, в вакуум, в пустоту. Стоило ли беспокоиться о сопротивлении ничем не заполненного пространства? Между тем периоды обращения спутников, по непонятным причинам, отличались один от другого. И тогда за решение загадки взялись ученые, изучающие воздушную оболочку Земли.

Что, собственно, испытывает спутник на околоземной орбите в газовой среде? Воздух тормозит его вблизи перигея (в нижней точке орбиты), скорость его уменьшается, в результате чего снижается и его апогей (верхняя точка орбиты). При этом орбита спутника «стягивается», и, в результате торможения, спутник делает оборот за меньшее время, чем раньше. Наконец, попав в плотные слои атмосферы, спутник сгорает.

Чтобы рассчитать орбиту искусственного космического тела, нужно знать плотность среды на его трассе. На борту спутников появились приборы для фиксации давлений. После того как были накоплены факты из жизни атмосферы, стало возможным сделать следующий шаг, найти причинно-следственные связи и те рычаги, с помощью которых природа диктует свои законы «пятому океану» нашей планеты.

ФАКТОРЫ НЕБЕСНЫЕ И ФАКТОРЫ ЗЕМНЫЕ

Вряд ли кого-нибудь в наши дни удивит сообщение, что Солнце существенно влияет на состояние атмосферы. Вот оно появляется из-за горизонта, и сразу навстречу ему поднимается воздушный горб, который весь день будет покорно следовать за Солнцем. Да и все воздушное одеяние Земли очень чувствительно к солнечным лучам. Кстати, не только атмосфера, но и магнитосфера.

— Собственно, планета наша заканчивается там, где исчезают последние следы верхней атмосферы — так утверждают специалисты по атмосфере.

— При чем здесь атмосфера, если за планетой нашей тянется шлейф пыли? — возражают им астрофизики.

— Для вас планета только то, что состоит из какого-либо вещества,— вступают в спор магнитологи.— Граница там, где магнитное поле Земли постепенно переходит в межпланетное магнитное поле, где кончается внешний радиационный пояс Земли.

Нам, привыкшим к четким границам между различными объектами земной поверхности, трудно осознать, что границы воздушного океана весьма расплывчаты.

Многое еще предстоит изучить в процессах солнечно-земных связей.

С одной стороны, очевидно, что магнитные бури, иони-

зация газов в атмосфере, некоторые изменения в биосфере — неурожаи, эпидемии, нашествия вредителей (например, саранчи) и многие другие явления тесно связаны с периодами наибольшей активности Солнца.

С другой — такого рода связи нередко носят очень сложный характер и не поддаются простым объяснениям типа: «активность Солнца повысилась — и вот началась магнитная буря» или «и вот началась эпидемия».

Не забудем, что Солнечная постоянная[1] оправдывает свое название: количество лучистой энергии Солнца, которую получает Земля за год, в общем и целом, к счастью для землян, остается приблизительно одинаковым. И все же скорость и плотность солнечного ветра изменяются. Может ли не отзываться на это атмосфера Земли? А если отзывается, то как именно?

Ясно, что влияние Солнца должно быть различным в отношении разных слоев атмосферы. Среди ученых продолжаются дискуссии, в чем конкретно оно проявляется. Необходимы новые и новые фактические данные. Необходимы дальнейшие исследования.

* * *

Мы начали вторую часть этой книги утверждением, что людям известно об их планете очень многое, но далеко не все. В главе за главой второй части рассказывалось о значительных достижениях наук о Земле — и в теоретическом и в практическом аспектах. Ученые сравнительно хорошо изучили земную кору и атмосферу, проникли во многие тайны Мирового океана. И эти знания начинают давать весомые плоды: люди увереннее ищут и находят запасы полезных ископаемых, учатся предсказывать землетрясения и «моретрясения», надеются со временем сделать их последствия менее катастрофическими, учатся лучше предсказывать погоду и надеются в будущем овладеть искусством управления погодой.

И все же вопросов в науках о Земле остается намного больше, чем получено ответов. Что же все-таки в действительности происходит под земной корой? Какие силы движут материки? Как научиться добывать из глубинных

---

[1] Солнечная постоянная — количество лучистой энергии Солнца, поступающей за 1 минуту на 1 см^2 площади, перпендикулярной к солнечным лучам.

пород земной коры колоссальные сокровища ценнейших минеральных ресурсов? Каков механизм океанских и воздушных течений, вообще циркуляции атмосферного воздуха и вод Мирового океана? Ведь это же «батареи центрального отопления» земного шара! Нельзя ли и их использовать эффективнее для человечества? И как добраться до залежей полезных ископаемых на дне океана и под ним? Как обратить на пользу человечества пространство околоземного космоса?

Множество вопросов без окончательных ответов (хотя гипотетических предположений, как мы видели,— сколько угодно) наглядно показывают, что время открытий в науках о Земле еще не прошло.

Думается, на этом направлении нас ждут не менее замечательные открытия, чем в наших знаниях о микромире и мегамире.

Открытие окружающего нас макромира продолжается!

И тут возникает основополагающая задача: использовать природу, но не разрушить, не погубить, сохранить ее!

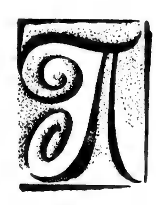
В особенности это относится к живой природе, к растительному и животному миру нашей планеты.

ЧАСТЬ III



Глава 1. МИР, В КОТОРОМ МЫ ЖИВЕМ

«ГЕОХРОНОЛОГИЯ»: СТУПЕНИ ДАЛЕКОГО ПРОШЛОГО



Приблизительно 5 миллиардов лет назад, как мы уже говорили, произошло образование Солнца, из той же газово-пылевой туманности началось формирование земного шара и остальных планет Солнечной системы.

Приблизительно 4,5 миллиарда лет назад земной шар в основном сформировался.

Приблизительно от 4,2 миллиарда лет назад земная кора относительно устоялась (самые древние горные породы на земной поверхности имеют возраст, по разным данным, от 3,55 до 3,98 миллиарда лет). Сформировались гидросфера — Мировой океан (разумеется, не в его современном виде) и первичная атмосфера — в основном смесь метана, углекислого газа, водяных паров и водорода. Свободного кислорода в ней почти не было. Он находился в связанном состоянии, главным образом в составе воды и водяных паров.

Следующие этапы были связаны с геологической историей Земли, с напластованием различных пород земной коры, по которым последние 3,5 миллиарда лет делят на две геологические эры:

1. Криптозой, «Скрытая (от нас) жизнь», от которой почти не осталось следов, на протяжении 3,5 миллиарда

лет до примерно полумиллиарда лет назад (эту эру называют также докембрийской).

2. Фанерозой, «Явная жизнь», о которой можно судить по оставшимся отложениям на протяжении последних 570 миллионов лет.

В свою очередь, криптозой делится на архейскую (древнейшую) эру, или азой («нет следов жизни»), от 3,5 и до 2,6 млрд. лет назад, и протерозой («Первоначальная жизнь»), от 2,6 до 0,57 млрд. лет назад, а фанерозой — на палеозой («Древняя жизнь»), от 570 до 230 млн. лет назад, мезозой («Средняя жизнь»), от 230 до 70—67 млн. лет назад, и кайнозой («Новая жизнь»), последние 70—67 млн. лет. Каждая эра подразделяется на периоды, или системы (протерозой на три, палеозой на шесть, мезозой на три и кайнозой на три). Имеются и более детальные подразделения каждого периода в соответствии с различными слоями отложений в верхней части земной коры.

Протерозой был рубежом, с которого явственно прослеживается развитие жизни на Земле. Но есть основания полагать, что оно началось по меньшей мере четыре миллиарда лет назад, а может быть, и ранее. На всем протяжении криптозоя на поверхности земной коры шли энергичные химические процессы образования все более сложных веществ — уже не просто отдельных молекул и даже не просто соединений молекул, а сложнейших соединений гигантских молекул (напомним, что такие соединения способны развиваться даже в космосе, о чем свидетельствуют находки их следов в метеоритах). Соединения возникали, распадались, снова возникали. Наконец, в каких-то наиболее благоприятных местах, согретых солнечными лучами и внутренним теплом Земли, под защитой мощной земной атмосферы произошел еще один качественный скачок, еще одно «чудо природы», о котором до сих пор идут научные дискуссии: появилась жизнь. Эра одной лишь физико-химической эволюции закончилась. Началась эра биологической эволюции.

КТО ТЫ, ЖИЗНЬ?

Как образовался окружающий нас растительный и животный мир планеты?

Это вопрос вопросов. Исчерпывающего ответа на него

пока нет. Существует несколько теорий, еще больше отдельных предположений и гипотез. В общем и целом ученые считают, что жизнь, эта качественно новая форма существования материи, появилась в результате постепенного усложнения соединений молекул и трансформации неорганической материальной системы (которой свойственно и развитие, и приспособление к окружающей среде, и даже воспроизведение себе подобного — в кристаллах, например) в органическую материальную систему с иными законами существования. Некоторые из ученых полагают, что причиной возникновения органической материи из неорганической мог послужить, скажем, электрический разряд молний в «питательном бульоне» сложнейших молекул. Многие ученые отводят важную роль космическому фактору — например, резкому повышению уровня солнечного или космического облучения поверхности Земли. Не исключают ученые и возможности занесения на Землю первичных организмов метеоритами или кометами: попав в благоприятную среду, организмы начали размножаться... Правда, в этом случае возникает вопрос, как могли образоваться такие организмы в Космосе?

Одно только к XIX веку стало окончательно ясно: религиозные мифы о «создании» человека, животных, растений какими-то сверхъестественными силами несколько тысяч лет назад не выдерживают проверки фактами. А факты — один за другим — говорили в пользу того, что жизнь на Земле возникла миллиарды лет назад, причем многие формы ее неоднократно существенно менялись. Об этом наглядно свидетельствовали умножавшиеся находки «следов» жизни минувших эпох, разительно непохожих на современную. Почему произошли изменения? Почему жизнь на Земле развивалась, а не существовала в раз навсегда заданном виде? Что лежало в основе изменений?

Были предложены десятки объяснений. Может быть, в растительных и животных организмах существует какой-то «внутренний моторчик», побуждающий их со временем к изменениям, независимо ни от чего? Может быть, в них заложено какое-то особое «наследственное вещество», вызывающее изменения? А может быть, какая-то «особая энергия»? Или, может быть, направление развития как бы автоматически предопределено окружающей нас природной средой? Предположения рождались одно за

другим и гибли, не подтвержденные фактами. Но только одно их них, появившееся в середине прошлого века, выдержало испытания фактами и временем, превратилось в подлинно научную теорию, которая называется дарвинизм.

Научные исследования, точные научные расчеты убедительно показывают: многие виды живых организмов наделены от природы такой колоссальной силой размножения, что, если бы им ничто не мешало, каждый из них со временем неизбежно «заполнил» бы всю земную поверхность. Что же ему мешает? Основоположник теории исторического развития жизни на Земле великий английский естествоиспытатель прошлого века Чарлз Дарвин дал на этот вопрос такой ответ: борьба за существование, в которой выживают организмы, наиболее приспособленные к данным, постоянно меняющимся условиям окружающей природной среды, способные передавать потомству наследственность, наиболее подходящую к изменившимся условиям.

Такого рода борьба оказывается неизбежной из-за несоответствия между высокой способностью организмов к теоретически беспредельному размножению и, по понятным причинам, строго ограниченными на Земле размерами пространства, запасов пищи, воды, всех ресурсов, необходимых для нормального существования любого организма. Ч. Дарвин подсчитал, что даже один из самых медленно размножающихся видов млекопитающих — слон всего за каких-нибудь 750 лет имел бы около 20 миллионов потомков только от одной пары родителей (если бы, разумеется, выживали и впоследствии давали потомство все появившиеся на свет детеныши). Некоторые виды водорослей при беспрепятственном размножении могли бы покрыть сплошной пленкой всю поверхность Земли в течение всего лишь полутора суток.

Однако в жизни большинство появляющихся на свет организмов гибнет задолго до того, как оказывается в состоянии само давать потомство, либо из-за неблагоприятных условий внешнего мира: климата, погоды, разного рода стихийных бедствий,— либо в борьбе с другими видами организмов, либо в борьбе с организмами своего же собственного вида. При этом слово «борьба» не следует понимать упрощенно, только как «драку насмерть» между какими-то организмами. Чаще всего имеет место нечто

вроде соревнования: кто выживет и сумеет дать жизнеспособное потомство в самых неблагоприятных условиях.

Ну, а в борьбе, в соревновании, как известно, побеждает сильнейший — тот, кто наиболее приспособлен к существующим условиям. Но условия, как мы уже говорили, постоянно меняются. Следовательно, сильнейшими оказываются те, кто наиболее приспособлен к изменившимся условиям.

В потомстве каждого вида организмов, благодаря мутациям — изменениям наследственных свойств организма в результате нарушений перестроек в генетическом материале организма (хромосомах и генах), появляются особи, более приспособленные и менее приспособленные к изменившимся условиям. Эволюция вида идет как бы методом проб и ошибок. Менее приспособленные вымирают, более приспособленные выживают и дают потомство. Происходит соответственное изменение и данного вида организма: потомки становятся «похожи» на более приспособленных и имеют все меньше общего с вымершими неприспособленными. Иными словами, происходит нечто вроде того, как растениевод или животновод отбирает лучшие саженцы или лучших племенных животных, а остальное устраняет от дальнейшего воспроизводства. Только тут происходит искусственный отбор, а в природе — естественный. Вот здесь, по мысли Дарвина, и заложена «движущая сила» развития жизни на Земле.

Теория Дарвина, пишет один из ведущих советских антропологов, В. П. Алексеев, «проста, стройна, красива, как бывает красиво любое ясное логическое построение. Каждый вид растений и животных порождает большое количество потомков — один вид больше, другой меньше, но всякий раз больше, чем может выжить. Начинается борьба за существование как между отдельными особями одного вида, так и между растениями и животными разных видов. В этой борьбе, которая не прекращается ни на мгновение, выживают наиболее активные, как более приспособленные. И в этом постоянном выживании приспособленных — разгадка развития органического мира от простейших одноклеточных живых существ до сложнейших форм, вроде птиц и млекопитающих. Но Дарвин объяснил не только причину постепенного усложнения жизни, он сумел объяснить и причину необычайного разнообразия, необъятности ее форм. Чем более разнообраз-

ны потребности растений и животных, живущих на клочке земли, тем меньше они мешают друг другу и тем больше их может поместиться на этом клочке — эта абсолютно простая, кажущаяся даже на первый взгляд элементарной идея никому не приходила в голову до Дарвина. А именно в ней разгадка вечного многообразия форм жизни. Естественный отбор, как Дарвин назвал силу, сортирующую приспособленных и неприспособленных, сохраняет не только наиболее приспособленных, но и наименее похожих на всех остальных. Так из поколения в поколение потомки все больше и больше не похожи на своих предков и друг на друга».

К идее естественного отбора, как основного фактора эволюции живых организмов, пришли почти одновременно и независимо друг от друга сразу несколько ученых, в том числе и Дарвин. Но только Дарвин сумел развить эту идею в последовательную эволюционную теорию, которая до сих пор остается на вооружении науки.

В САМОМ НАЧАЛЕ...

Некоторые организмы способны за сутки переработать массу вещества, превосходящую собственный вес каждого, и наплодить множество маленьких, но быстро растущих «двойников». Каждый из них, в свою очередь, принимается за работу. Развертывается цепная реакция, и весь процесс принимает лавинообразный характер. Перемножьте это на миллиарды лет! Как мы уже говорили, если бы не было ограничений со стороны природных условий или конкурирующих организмов, то первый же устойчивый вид организма такого типа, вместе со своим потомством, абстрактно говоря, вполне мог бы переработать на потребу своему роду массу «съедобных» веществ, равную всей нашей планете до последней пылинки.

Но и при всех ограничениях первые организмы за первый миллиард лет своего существования коренным образом изменили окружающую их природную среду. Мелководье морей покрылось микроскопическими организмами (бактериями), так называемыми сине-зелеными водорослями, вокруг которых кишмя кишели вирусы (мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты и белковой оболочки) — возможно, пер-

вые «жители» нашей планеты. Постепенно вирусы и бактерии заполнили значительную часть поверхностных слоев Мирового океана и кое-где начали вторжения на сушу.

Поначалу организмы питались «бульоном» из готовых органических веществ, которых было вдоволь вокруг. Но затем растения создали механизм фотосинтеза — переработки неорганических веществ в органические с помощью энергии Солнца. Развитие пошло еще быстрее.

Побочный продукт фотосинтеза — кислород начал в возрастающих количествах поступать в атмосферу, из которой успела улетучиться в космос часть водорода и инертных газов. Другие газы растворялись в морской воде, третьи (в том числе углекислый газ) связывались органическими веществами. В результате образовалась вторичная — современная атмосфера, богатая кислородом. Значительные изменения произошли и в составе гидросферы. Это дало новый толчок распространению все более сложных организмов по мелководью и поверхности моря, а затем и суши. Кислород стал активно поглощаться верхним слоем земной коры. Растения непрерывно возобновляли его запасы в атмосфере. Бактерии усердно перерабатывали поверхность земных пород. В итоге этого процесса создавалась почва — еще одна благоприятная основа для успешного вторжения на сушу растений, а за ними и животных.

Так, на протяжении почти миллиарда лет архейской эры полностью изменилась атмосфера, значительно изменились гидросфера и поверхность литосферы земного шара.

Уже в это время — на уровне вирусов, бактерий и простейших одноклеточных водорослей — выявились основные особенности организмов, характерные для всего живого на Земле до сих пор.

МЕХАНИЗМЫ СИСТЕМЫ, ИМЕНУЕМОЙ «ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ»

Каждый организм формируется как сложная, но единая совокупность множества механизмов, каждый из которых обеспечивает определенную сторону его жизнедеятельности, помогая выживать и размножаться даже при некотором ухудшении благоприятных условий.

Вот они, основные механизмы системы, именуемой «живой организм»:

1. Защитный механизм. Он реагирует на каждое изменение окружающей среды, обеспечивая высокую жизнеспособность организма даже в самых неблагоприятных условиях (понятно, до известных пределов).

Свойственные организму сохраняющие реакции охватывают все виды его защитных действий, направленных на спасение от гибели при любой угрозе извне. Это может быть передвижение — бегство от более сильного противника; нападение на слабого, чтобы утолить голод; стремление укрыться от стихийного бедствия. Это может быть способность замереть, замаскироваться, чтобы остаться не замеченным врагом или чтобы подкараулить жертву. Это может быть мобилизация жизнестойких свойств организма к быстрейшему выздоровлению при болезнях и ранах. И главное — умение приспосабливаться к меняющейся обстановке.

2. Механизм переработки и обмена различных веществ для обновления собственного организма. Как мы уже говорили, растения со временем овладели фотосинтетическим процессом переработки неорганических веществ в органические. И тут же, согласно диалектике природы, раскрутился виток спирали: растения сами стали «консервами» солнечной энергии для животных. Но и в мире животных одни, в свою очередь, стали «консервами» для других, другие — для третьих и т. д.

Все «цехи» этой «фабрики», как и всякой фабрики, требуют энергии, которую дает Солнце — либо непосредственно своим излучением, либо в виде «консервов», запасенных в других органических веществах.

3. Механизм воспроизведения себе подобных с помощью генетического аппарата, обеспечивающего наследственность черт, передаваемых из поколения в поколение. На более низкой стадии процесс происходит путем почкования, деления каждой клетки на две новые. Но особенно эффективным оказалось половое размножение, при котором потомству передаются гены двух различных особей, что позволяет резко снижать опасность нежелательных отклонений.

4. Механизм мутации — способность к наследуемой изменяемости. Наследственные признаки передаются с помощью кодирующего аппарата, в котором, естественно,

могут произойти и «неполадки». Так, на него могут подействовать резкие изменения условий окружающей среды (например, режима облучения). В результате «копии» получаются в чем-то отличные от оригинала. Не будь мутаций — не было бы и развития органической жизни.

5. Борьба за существование. Мы уже говорили, что, если бы не было ограничений, потомки первых же организмов со временем заполнили бы всю планету. Однако на их пути встает природа и другие организмы — не только чужеродные, но и сородичи. Волны быстро размножающихся организмов сталкиваются между собой, и устанавливается равновесие. Время от времени оно нарушается, но вскоре восстанавливается вновь. Борьба идет насмерть, и только крайнее напряжение всех сил каждой из сторон помогает сохранять неустойчивое равновесие.

Борьба за существование предполагает не только вытеснение одного вида другим, но иногда и их тесное сосуществование, сожительство-симбиоз, который и помогает им успешно противостоять прочим видам (например, симбиоз актинии и рака-отшельника, симбиоз человека и микроорганизмов, образующих нормальную, здоровую кишечную флору, и т. п.).

6. Естественный отбор. В борьбе за существование выживают лишь сильнейшие, наиболее приспособленные, легче применяющиеся к новым условиям. Вот где может сыграть решающую роль благоприятная мутация!

7. Механизм автоматического подчинения действий каждой особи интересам сохранения и распространения данного вида в целом. У более высоко организованных живых существ это подчинение общим интересам вида находит свое выражение, в частности, в заботе о потомстве, порой даже с риском для собственной жизни. Это может выражаться также во взаимоподдержке, в общих действиях при общей угрозе извне. Нет нужды говорить, какое значение имеют такие взаимоотношения особей в борьбе за существование вида.

8. Механизм старения и смерть (самоустранение) особи. Оказывается, продолжительность жизни особей каждого вида имеет определенный оптимум, выше и ниже которого тот или иной вид заведомо проигрывает в борьбе за существование.

Там, где не требуется воспитание подрастающего поколения, гибель особи оказывается оптимальной для ин-

тересов существования вида сразу же после воспроизведения потомства. Там, где необходимо воспитание, оптимум гибели отодвигается до тех пор, пока не окрепнет следующее поколение. Во всех случаях этот биологический механизм срабатывает автоматически.

ВЕЛИКОЕ НАСТУПЛЕНИЕ ЗЕМНЫХ ОРГАНИЗМОВ

Первичные вирусы и бактерии за миллиард лет архейской эры освоились, утвердились и преобразили море, воздух и сушу Земли, открыв дорогу более сложным видам живых организмов.

На протяжении следующей эры — протерозоя (более двух миллиардов лет) появились и быстро распространились в Мировом океане многоклеточные растения и животные: губки, медузы, кораллы, черви. «Век водорослей», которые господствовали в море около миллиарда лет, сменил «век медуз» примерно такой же продолжительности. К концу этой эры состав земной атмосферы и гидросферы окончательно приблизился к современному. Произошла очередная перестройка контуров земной поверхности. В этих катастрофических сдвигах погибло множество старых видов растений и животных. Зато появились новые виды, более развитые и приспособленные к изменившимся условиям. Началась следующая эра — палеозой, которая заняла треть миллиарда лет.

В первую половину этой эры, когда вновь преобразились контуры земной поверхности, жизнь все еще сосредоточивалась почти целиком в Мировом океане. Сначала там по-прежнему царили медузы, губки, кораллы и черви. Затем распространились многообразные моллюски. Наконец, появились первые рыбообразные существа, с мозгом, защищенным черепной коробкой. Потом их сменили рыбы. Новые организмы имели явные преимущества. Они располагали развитыми челюстями, способными быстро захватывать и размельчать добычу, могли быстро передвигаться и легче приспосабливаться к изменениям обстановки. Эти организмы стали хозяевами Мирового океана. Начался «век рыб».

Во второй половине палеозоя произошла новая перестройка контуров земной поверхности. Нередко там, где были морские просторы, протянулись бескрайние болота.

Для организмов, не сумевших вовремя приспособиться, это была катастрофа. Но некоторые виды сумели примениться к жизни в болотах, а затем и на влажной почве по краям болот. Началось массовое вторжение крупных живых организмов на болотистую сушу, на почву, хорошо подготовленную для них жизнедеятельностью бактерий. В растительном мире наступление повели мхи (их постепенное распространение продолжается до сих пор), некоторые виды растений, размножающиеся с помощью спор (плауновидные, членистостебельные и др.), прапапоротники и папоротники, в том числе гигантские. К концу эры появились и стали быстро распространяться хвойные леса. Вся эта масса органического вещества при мезозойском преобразовании земной поверхности оказалась погребенной в земных недрах и с тех пор за 200—300 миллионов лет (согласно одной из наиболее распространенных научных концепций) образовала залежи угля, нефти и природного газа, которыми мы пользуемся ныне.

Вместе с растениями на сушу двинулись животные. Первоначально это были земноводные. Затем появились пауки, клещи, скорпионы, разные виды насекомых — первые коренные обитатели суши. Наконец, распространились пресмыкающиеся.

У земноводных были примитивные легкие, и дышать им помогала влажная, легкоранимая кожа, через которую частично совершался газообмен с атмосферой. Их личинки все еще произрастали в воде, служа кормом бесчисленным хищникам. У пресмыкающихся легкие вполне справлялись с газообменом сами. Их кожа ороговела, став надежным щитом организма. Их зародыши развивались в яйцах, покрытых сравнительно прочной известковой скорлупой, неприступной для массы паразитов, бактерий, вирусов. Все это дало им огромные преимущества в борьбе за существование. Началось распространение пресмыкающихся все более крупных размеров.

«Эру средней жизни», мезозой, можно назвать «веком пресмыкающихся». Эта эра длилась свыше 160 миллионов лет. Именно в это время Пангея раскололась на Лавразию и Гондвану. Произошли и другие сдвиги, которые принесли гибель множеству видов растений и животных. Однако пресмыкающиеся продолжали процветать. Они становились все более исполинскими. На суше господствовали динозавры — 30-метровые ящеры, перед кото-

рыми трепетало все живое. В море хозяевами были 15-метровые рыбоящеры — ихтиозавры. В небо взмывали 8-метровые птицеящеры — птеродактили. Казалось, их царствию не будет конца. Мелкие пресмыкающиеся и только что появившиеся тогда новые типы животных — птицы и млекопитающие не могли тягаться с такими гигантами.

И вдруг произошла еще одна глобальная катастрофа.

НА ПОВОРОТНОМ ПУНКТЕ

Ученые пытаются выяснить, что же, собственно, случилось примерно 70—67 миллионов лет назад. Могло быть слишком катастрофическим очередное смещение верхних плит земной коры (напомним, что в это время, возможно, уже раскололась Лавразия и начала раскалываться Гондвана). Могла быть вспышка «сверхновой» звезды или иная причина резкого изменения уровня космического облучения Земли. Возможно, сыграли роль несколько факторов сразу.

По современным научным представлениям, подобного рода глобальные катастрофы, скорее всего, происходят периодически — и как раз со средним интервалом в несколько десятков миллионов лет — в связи со столь же периодическими «чрезвычайными происшествиями» космического характера (например, при прохождении Земли или даже всей Солнечной системы через космические газово-пылевые облака особенно большой плотности).

Так или иначе, папоротниковые и хвойные леса мезозойской эры оказались погребенными в земных недрах, а исполинские ящеры вымерли. Нынешние 20 видов крокодилов, 212 видов черепах и около 5000 видов ящериц и змей — это жалкие карликовые остатки множества видов их гигантских (и не особенно гигантских) предков, которые почти 200 миллионов лет хозяйничали на планете.

Выжили также птицы и рыбы. Выжили и млекопитающие. Они постепенно стали хозяевами положения на суше в кайнозое — «эре новой жизни», охватывающей последние семь десятков миллионов лет существования Земли. Одновременно начался расцвет привычных нам трав и лиственных лесов, сильно потеснивших папоротники и хвойные леса предыдущей эпохи.

Ороговевшая чешуйчатая кожа-панцирь и откладывание яиц в известковой скорлупе дали в свое время огромное преимущество пресмыкающимся по сравнению с земноводными. Такую же роль сыграла на этот раз теплокровность птиц и млекопитающих, позволявшая им сохранять активность и при похолодании. Перья у одних и шерсть у других помогали им сохранять тепло тела. Наконец, способность млекопитающих рождать детенышей живыми и вскармливать их стерильной высокопитательной смесью — молоком уменьшила опасность заражения болезнетворными микробами. Все это резко снизило смертность среди детенышей, помогло им крепче «становиться на ноги» и, в свою очередь, плодить здоровое потомство. Это способствовало также развитию спинного и головного мозга, всей нервной системы управления организмом. Соответственно повышался уровень оперативности сохраняющих реакций. Тягаться с такими существами стало трудно. Они, как и пресмыкающиеся до них, вторглись в море (киты, дельфины, моржи, тюлени) и даже взмыли в воздух (летучие мыши). Наступил «век млекопитающих», продолжающийся поныне.

За семь десятков миллионов лет кайнозоя Земля повидала многое. Почти 25 000 видов рыб, свыше 8500 видов птиц, около 3500 видов млекопитающих, около 500 000 видов современных растений — все это появилось не сразу. Одни виды вымирали, другие нарождались, вымирали и они, нарождались новые... Судя по ископаемым остаткам, из растений продолжали распространяться до наших времен только мхи и привычные нам травы да лиственные леса (так называемые «покрытосеменные»), с трудом сохраняют позиции папоротники, хвойные леса и споровые растения. Остальное вымерло, либо чуть теплится. В мире животных продолжали распространяться привычные нам так называемые лучеперые рыбы, а также птицы и млекопитающие. В настоящее время постепенно исчезают с лица Земли очень распространенные когда-то двоякодышащие, кистеперые и хрящевые рыбы, земноводные, черепахи и мелкие чешуйчатые пресмыкающиеся.

Впрочем, теперь уже только от человека зависит, какие виды растений и животных сохранятся через сотню-другую лет.

НЕСКОЛЬКО УТОЧНЕНИЙ

К сказанному нужно добавить три оговорки.

Во-первых, исторические эпохи, о которых шла речь, относятся не к растительному и животному миру, а к геологической истории Земли. Они служат нам в данном случае лишь ориентировочными вехами и упоминаются постольку, поскольку отложения или отпечатки древних растений и животных связаны с определенными напластованиями верхнего слоя земной коры. «Век медуз», «век рыб», «век пресмыкающихся», «век млекопитающих» — все это очень условно и весьма приблизительно сопрягается с протерозоем, палеозоем, мезозоем и кайнозоем.

Во-вторых, было бы ошибкой представлять развитие современных форм растительного и животного мира сплошным триумфальным шествием. Иногда приспособление приводило к регрессу от сложных к простым формам (особенно при неподвижном, паразитическом образе жизни). Но общая линия оставалась всегда одна — прогресс от простого к сложному. Биологическая эволюция в целом представляет собой процесс необратимый.

В-третьих, было бы неверно пытаться вообразить описанное развитие земной флоры и фауны на современной географической карте мира. Нужно все время помнить о поднимающихся и опускающихся слоях земной коры, о сталкивающихся и расходящихся материках, о резких переменах земного климата — обо всех деталях геологической эволюции планеты, эволюции, которая прямо и косвенно влияла на развитие биосферы.

Конечно, за последние 70—67 миллионов лет не успели произойти такие же существенные изменения, как за предыдущие миллиарды лет. Но и за это время случилось немало катастроф: колоссальной силы землетрясения и вулканические извержения, ураганы и океанические цунами, лесные пожары от молнии и чрезвычайно суровые зимы, наводнения и оледенения то там, то здесь опустошали земную поверхность на сотни километров. Чтобы выдержать напряженную борьбу за существование да при этом выжить после таких катастроф, нужны были незаурядные способности применяться к новой обстановке. Мало того, нужны были способности постоянно «учиться», постоянно совершенствовать свои сохраняющие реакции. «Учеба» оценивалась по двухбалльной шкале: удовлетво-

рительно — жизнь, неудовлетворительно — смерть. И экзамены приходилось сдавать каждый день, каждый час.

При таких условиях сохраняющие реакции положили начало сложной цепи инстинктов — врожденных форм поведения, типичных для данного вида животных. Постепенно выработались законы инстинктивного группового поведения.

Особенно отличались этими свойствами несколько десятков видов млекопитающих — приматов, и прежде всего — обезьяны. Они появились еще в середине кайнозоя 35—30 миллионов лет назад, но получили особенно значительное развитие лишь в последний период кайнозоя, который начался, по разным данным, от 3,5 миллиона до 600 тысяч лет назад.

Глава 2. ЖИВОТНЫЕ, ОТ КОТОРЫХ МЫ ПРОИЗОШЛИ

ИЩЕМ ПРЕДКОВ

Эра Новой Жизни (кайнозой), как уже говорилось, разделяется на два периода: третичный, в свою очередь подразделяющийся на палеоген и неоген, и четвертичный. Последний начался, по разным оценкам, от 3,5—2,5 миллиона до 600 тысяч лет назад и продолжается по сей день.

Эра Новой Жизни действительно принесла с собой много нового. Продолжалась подвижка плит земной коры, и с севера на юг вдоль западной кромки обоих материков Америки вздыбились Кордильеры. С запада на восток от Атлантики до Тихого океана поднялись хребты Атласа, Андалузских гор, Пиренеев, Альп, Апеннин, Динарских гор, Стара-Планины, Карпат, Кавказа, Гиндукуша, Памира, Тибета, гор Малой Азии, Ирана, Бирмы и Индонезии. Другая цепь протянулась дугами Алеутских, Курильских, Японских, Филиппинских, Ново-Зеландских островов. Значительно изменился климат планеты. Очертания материков приняли форму, более или менее близкую современной. Множество видов растительного и животного мира вновь погибло. Их сменили новые виды. Началось господство млекопитающих.

В новых условиях преимущества нового класса животных сказались с полной очевидностью.

Млекопитающие теплокровны. Они меньше зависят от температуры окружающей среды. Им не обязательно впадать в спячку при похолодании — разве уж в очень суровые зимы, да и то не всякому виду. Их тело покрыто не просто чешуей ороговевшей кожи, а густой шерстью. Их детеныши вынашиваются в утробе матери. Им меньше грозят хищники и болезни,— по крайней мере, не в такой степени, как детенышам пресмыкающихся, рыб или птиц, которым, даже если они и уцелеют в икринке или в скорлупе яйца, с первой же минуты жизни приходится поедать «взрослую» пищу, кишащую болезнетворными микробами. Все это, и многое другое, дало млекопитающим дополнительные шансы на победу в борьбе за существование.

Среди нескольких тысяч первичных видов млекопитающих со временем выделилось множество видов так называемых насекомоядных (ежи, кроты, выхухоли и пр.). По сравнению с другими животными они имели два важных преимущества. Во-первых, не были привязаны к какой-то одной привычной пище — растительной или животной, все равно. Их рацион был разнообразнее, и на них меньше сказывалось исчезновение того или иного корма — ужасное бедствие для животного мира. Во-вторых, они поедали насекомых, которые питались друг другом или растениями, а те использовали энергию Солнца для преобразования неорганических веществ в органические. Таким образом, высококалорийные «консервы» в виде разных жучков и червячков всегда были у насекомоядных под носом.

ПОХВАЛЬНОЕ СЛОВО ПРИМАТАМ

В начале эры Новой Жизни из многих видов насекомоядных выделилось несколько наиболее развитых и лучше приспособленных к борьбе за существование. В науке они получили название «приматы» (первые, высшие). У них был не только густой волосяной покров и защечные мешочки для хранения запаса пищи, но и четыре хорошо развитые конечности, снабженные гибкой пятерней пальцев, причем один из них был противопоставлен четырем

остальным таким образом, что обеспечивалась хорошая хватка и при прыжках с ветки на ветку, и при захвате пищи. Кроме того, имелся хвост, на котором можно было с удобством повисеть, если лапы заняты.

В обонянии приматы уступали некоторым другим животным, особенно хищникам. Слух оставался примерно таким же. Зато осязание и зрение были развиты лучше. Подошвы всех четырех лап у приматов имели специальные осязательные подушечки, так что они могли порой отыскивать съедобное прямо на ощупь.

Зрение у них было объемное, так называемое бинокулярное, а впоследствии у некоторых из них — и цветное. Они смотрели на мир не как на черно-белую картинку в книжке, а словно через цветной стереоскоп. Ясно, что им легче было ориентироваться в окружающем мире — обнаружить корм или избежать опасности самому стать кормом.

Главное же — на этом важном вопросе мы остановимся ниже,— у приматов были исключительно развиты мозг и вообще центральная нервная система. Сигналы от органов чувств быстрее перерабатывались «командными пунктами» в мозгу, команды телу давались увереннее и энергичнее, зверек лучше применялся к обстановке, искуснее искал пищу и хитрее спасался от врагов.

Первые приматы, появившиеся в начале третичного периода, были маленькими зверьками, похожими на белок. Одно из семейств таких зверьков, тупайи, сохранилось до наших дней, и ученые спорят, относить ли их к приматам или числить по разряду насекомоядных.

Но другое семейство — лемуры обладали уже многими преимуществами приматов, о которых только что говорилось. А третье семейство — долгопяты (названные так из-за сильных задних конечностей) кое в чем превзошли лемуров: у них оказались более развиты пальцы передних конечностей и округлый череп — немаловажное условие для образования более совершенного мозга.

Отсыпаясь днем в дуплах или в густых ветвях деревьев, лемуры и долгопяты оживали в сумерки, когда их самые страшные враги укладывались на ночь. Тут уже они пожирали все съестное, до чего могли дотянуться. Придерживаясь такой тактики, стайки лемуров и долгопятов неимоверно размножились и распространились по лесам планеты. Десятки миллионов лет оставались они по

ночам хозяевами земной суши на высоте древесных ветвей. Теперь, в значительной мере по вине позднее появившихся «родственников» из того же отряда приматов, жалкие остатки лемуров и долгопятов уцелели только в самых труднодоступных уголках тропических лесов. Их господствующее положение на деревьях заняло четвертое семейство приматов — обезьяны, прямые потомки долгопятов.

Низшие виды лемуров похожи на крупных мышей, а низшие виды обезьян похожи на высокоразвитых лемуров. Но между низшими видами лемуров и высшими видами обезьян — «дистанция огромного размера». Обезьяны продвинулись далеко вперед по части использования тех преимуществ, которыми природа одарила приматов.

Сравнительно долгий срок наступления половой зрелости (от 3 до 12 лет у разных видов обезьян) давал возможность организму лучше подготовиться к производству высокоразвитых детенышей. Длительная беременность (от 4,5 до 9 месяцев) и столь же длительное кормление младенца грудью избавляли его от преждевременной встречи с мириадами болезнетворных бактерий, кишечных паразитов и других напастей, которые грозят гибелью неокрепшему организму. Довольно большая оптимальная продолжительность жизни (от 20 до 60 лет) позволяла выдерживать темп смены поколений таким образом, чтобы всегда были налицо сильные и опытные взрослые, оберегающие подрастающих детенышей.

Помимо упоминавшихся уже защечных мешочков для хранения небольших запасов пищи, обезьяны располагали сравнительно развитыми голосовыми связками и могли голосом, модулируя на десятки ладов, вовремя предупреждать друг друга об опасности или о возможности добычи. Той же цели служила хорошо развитая мимическая мускулатура лицевой части головы, благодаря чему обезьяна способна сообщить своим соседкам все обуревающие ее чувства, не выдав себя ни звуком.

Повторим: цветное бинокулярное зрение, крайне изощренное осязание, не менее изощренные хватательные способности всех пяти конечностей, включая хвост, а главное, дальнейшее развитие центральной нервной системы и мозга — все это позволило обезьяне успешно отыскивать себе пропитание и спасаться от врагов в привычном мире густо переплетенных ветвей тропического леса.

А врагов у обезьяны хватало. Правда, наземные хищники могли допрыгнуть разве лишь до зазевавшегося детеныша. Даже тем из них, кто мог взбираться на деревья, было не угнаться за обезьянами, которые вихрем неслись по ветвям. Так что хищникам доставались большей частью только старые и слабые да трупы умерших от болезней.

Но немало обезьян, особенно детенышей, гибло в пасти удава или крокодила, неподвижно поджидавших свою добычу в засаде и неотличимых от поваленного ствола. Немало гибло от укусов ядовитых змей и пауков. Немало — от когтей метровых хищных птиц — обезьяноедов. И еще больше — от болезнетворных бактерий.

Чтобы выжить в таких условиях, нужны были сметливость, ловкость, мгновенная реакция.

Пища у обезьян, как и у всех приматов, отличалась большим разнообразием. Съедобные плоды, листья, стебли, молодые побеги, цветки, клубни — богатая «бакалея». Съедобные насекомые, пауки, ящерицы, ужи, птенцы, яйца, черви, улитки — не менее богатая «гастрономия».

Со временем некоторые высшие виды обезьян достигли полутора-двухметрового роста и одного-двух центнеров веса. Этакая махина могла померяться силами с медведем. Во всяком случае, быстротой реакции, хитростью, ловкостью, скоростью передвижения она превосходила его.

НЕМНОГО ОБ ИНСТИНКТАХ

Как и все прочие животные, обезьяны располагали определенным набором защитных, сохраняющих реакций, способностью перерабатывать питательные вещества для постоянного обновления своих тканей. Точно так же они обладали способностью к наследственной изменяемости (мутации), вели отчаянную борьбу за существование, подчинялись законам естественного отбора, интересам сохранения и распространения вида в целом, необходимости старения и смерти особи ради этих интересов. Тут никаких особых преимуществ перед другими видами животных у них не было.

Как и у всех животных, поведение обезьян было инстинктивным. Оно определялось прежде всего совокупностью врожденных реакций организма в ответ на внеш-

нее или внутреннее раздражение — так называемыми безусловными рефлексами (помимо них, опытом вырабатывались и не врожденные, а «благоприобретенные» рефлексы, к которым мы обратимся ниже).

Безусловные рефлексы — это автоматические действия приспособительного характера под влиянием определенных сигналов извне или внутри организма, принятых и «переработанных» нервными центрами в команды тому или иному органу тела. Простейшие безусловные рефлексы — мигание, кашель, чихание, чтобы автоматически прочищать от пыли и болезнетворных микробов глаза, горло, нос. Но существуют довольно сложные безусловные рефлексы, которые обычно и именуются инстинктами. Вот важнейшие из них.

Инстинкт самосохранения, жажда жизни, стремление выжить во что бы то ни стало. Этот инстинкт, который называют также оборонительным, может принимать активные формы (отчаянная борьба насмерть), но иногда носит пассивный характер (убежать, замереть, спрятаться). Инстинкт самосохранения — главнейший. Именно им животное руководствуется чаще всего. Но это не значит, что он всегда определяющий. Нередко ему приходится отходить на задний план перед другими.

Инстинкт питания, связанный с предыдущим. Он побуждает животных постоянно искать пищу, захватывать, иногда даже накоплять ее. Голод (или жажда) может временно подавить инстинкт самосохранения и толкнуть животное на самый рискованный шаг.

Инстинкт размножения, который разделяется на половой и родительский. Первый проявляется в виде брачных игр, токования, боев между самцами. Второй — в виде сооружения гнезда, логова, заготовок корма для молоди, кормления ее, обучения защитным и охотничьим приемам. В том и другом случае животное часто подавляет инстинкты самосохранения и собственного питания во имя интересов рода.

Инстинкт ориентации — приспособления к среде. Подчинен первым четырем инстинктам, служит как бы одним из средств их проявления. В простейшем виде — автоматическая тяга к теплу, к местам, где безопасно и много пищи. Более сложные формы — межконтинентальные перелеты птиц с ориентацией по магнитному полю Земли или по звездам (еще точно не выяснено), а также спо-

собность некоторых птиц и зверей автоматически находить свой «дом» за сотни километров по едва заметным ориентирам.

Инстинкт общения (групповой, стайный, стадный). Автоматически определяет поведение по отношению друг к другу членов роя, стаи, стада, семьи при совместной охоте, обороне, гнездовании, построении в групповых передвижениях, обогреве друг друга в холодное время, общей заботе о потомстве. Иногда этот инстинкт оказывается настолько сильным, что подавляет на время все остальные.

Инстинкты — мощное оружие животного. Без них ему трудно было бы выжить. Они срабатывают автоматически, мгновенно. Еще до того, как мозг успеет полностью «переработать» полученный сигнал, подкорковые части мозга уже приводят в действие инстинкты. Автоматически меняется химический состав крови, деятельность желез внутренней секреции, ритм дыхания, кровообращения. Миг — и животное уже бросилось на добычу, или, наоборот, бежит прочь от опасности, или замерло, притворившись мертвым. Такие реакции, выработанные на протяжении тысячелетий сотнями поколений, всем историческим опытом данного вида животных, представляют собой как бы унаследованные привычки, обеспечивают целесообразную деятельность в самых сложных условиях.

На этом уровне у обезьян, по сравнению с другими животными, тоже особых преимуществ не было.

РЕФЛЕКСЫ БЕЗУСЛОВНЫЕ И УСЛОВНЫЕ

Слабая сторона инстинктов — то, что они проявляются большей частью только в неизменной или почти неизменной форме. Эта слабость — обычная расплата за удобства, которые дает автоматизм. Как бывает и с любым автоматом, пока обстановка, на которую рассчитаны инстинкты, остается неизменной, все обстоит превосходно. Но когда обстановка меняется, а автомат продолжает работать по-прежнему, наступает катастрофа. Это относится в равной мере и к станку-автомату, который продолжает выпускать, скажем, ружейные патроны, когда здание фабрики охвачено пожаром, и к пчеле, которая автоматически продолжает заполнять медом продырявленные соты, и к карасю, который автоматически продолжает кидаться

на добычу, поддетую на крючок рыболова. Это относится и к любому животному, когда, скажем, вместо тропических лесов и болот появляется лесостепь умеренного пояса, а оно пытается вести себя по-прежнему, как ни в чем не бывало. Конечно, инстинкты не остаются неизменными вечно. Медленно, веками и тысячелетиями, они меняются сообразно изменениям в историческом опыте данного вида животных. Но таких изменений оказывается недостаточно, когда наступает глобальная катастрофа и для спасения требуется полная переориентация инстинктов.

По счастью, рефлексы бывают не только безусловные, врожденные (или автоматически передающиеся из поколения в поколение путем воспитания), но и условные, приобретенные личным опытом. Даже человек инстинктивно отшатывается или закрывается рукой, если рядом нечаянно вскидывает руку его сосед, известный скандалист и драчун,— хотя, может быть, и знает, что тот просто шутит. А уж о животных нечего и говорить. Ни одна собака не подойдет на зов, если несколько раз обмануть или ударить ее: у нее выработался условный рефлекс. Ни одна обезьяна не спустится туда, где ее несколько раз чуть не сцапал крокодил или тигр: у нее выработался условный рефлекс.

Все это позволяет животным перенимать опыт других, «учить» свой молодняк, проявлять известную «сообразительность». Не случайно ведь мы говорим об «умной» лошади, собаке, кошке: порой кажется, будто все понимает, только что сказать не может!

Условные рефлексы позволяют ускорять перестройку безусловных при изменении обстановки. Чем более способно животное к развитию условных рефлексов, тем больше у него шансов успешно примениться к переменам. Собственно, высшие животные тем и отличаются от низших, что у них — благодаря более совершенным мозгу и центральной нервной системе — выше способность развивать условные рефлексы и на их основе оперативнее перестраивать безусловные. Обезьяны с самого начала принадлежали к разряду высших животных, а по ходу эволюции выбились в разряд самых высших.

Вот на уровне условных рефлексов их преимущества, по сравнению с другими животными, сказались в полную силу.

Глава 3. ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

ЧЕЛОВЕКА СОЗДАЛ ТРУД

Свою знаменитую работу «Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека» Ф. Энгельс начинает словами: «Труд — источник всякого богатства, утверждают политикоэкономы. Он действительно является таковым наряду с природой, доставляющей ему материал, который он превращает в богатство. Но он еще и нечто бесконечно большее, чем это. Он — первое основное условие всей человеческой жизни, и притом в такой степени, что мы в известном смысле должны сказать: труд создал самого человека»[1].

Ф. Энгельс особо выделяет первый, решающий шаг для перехода от обезьяны к человеку: постепенное отвыкание от помощи рук при ходьбе по земле и усвоение все более и более прямой походки (в непосредственной связи с образом жизни обезьян, требующим, чтобы при лазании по деревьям руки выполняли иные функции, чем ноги). Мы и теперь еще можем наблюдать у обезьян все переходные ступени от хождения на четвереньках до хождения на двух ногах.

В результате этого решающего момента рука стала свободной и смогла пользоваться разного рода орудиями, смогла усваивать все новые и новые навыки, приобретая тем самым большую гибкость и подвижность, которые передавались по наследству и возрастали от поколения к поколению. Это привело к следующему рубежу развития — к умению создавать орудия охоты, орудия труда.

Обезьяны своими руками могут выполнять множество разных операций: схватывать дубины для защиты от врагов, швырять в них камни, строить навесы для защиты от непогоды. Но, как отмечает Ф. Энгельс, ни одна обезьянья рука не изготовила когда-либо хотя бы самого грубого каменного ножа.

«Рука, таким образом,— пишет Ф. Энгельс,— является не только органом труда, *она также и продукт его.* Только благодаря труду, благодаря приспособлению ко все новым операциям, благодаря передаче по наследству до-

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20, с. 486.

стигнутого таким путем особого развития мускулов, связок, и, за более долгие промежутки времени, также и костей, и благодаря все новому применению этих переданных по наследству усовершенствований к новым, все более сложным операциям,— только благодаря всему этому человеческая рука достигла той высокой ступени совершенства, на которой она смогла, как бы силой волшебства, вызвать к жизни картины Рафаэля, статуи Торвальдсена, музыку Паганини»[1].

Переход к прямой походке вызвал существенную перестройку не только руки, но и многих других частей тела. В частности, гортань оказалась более приспособленной для произнесения членораздельных звуков. А наши обезьяноподобные предки, как известно, были общественными животными. Они жили стадом, и их образ жизни все более настоятельно требовал обмена довольно сложной информацией для совместного добывания пищи или совместной защиты от врагов. Теперь к объективной потребности добавилась субъективная способность: появилась, точнее, постепенно развилась осмысленная, членораздельная речь — еще один важный шаг от обезьяны к человеку.

Труд и членораздельная речь явились главными стимулами развития мозга, и в конечном счете все это привело к превращению стада высокоразвитых человекообразных обезьян в общину людей. Это был очень сложный процесс, который занял миллионы лет и который сейчас, страница за страницей, открывается перед учеными, изучающими по оставшимся на поверхности земли его «следам» ступени перехода от человекообезьяны к обезьяночеловеку и далее к первобытным людям.

ОТКУДА ПОШЕЛ РОД ЛЮДСКОЙ?

Вспоминаются знаменитые слова Чарлза Дарвина о том, что Земля долго готовилась к принятию человека, что человек обязан своим существованием длинному ряду предков и если бы отсутствовало какое-либо из звеньев этой цепи, то человек не был бы тем, что он есть.

Вспоминаются знаменитые слова Фридриха Энгельса

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20, с. 488.

из его «Диалектики природы» о том, что «историю во времени имеет не только Земля, взятая в общем и целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные», а также о том, что «животное, в лучшем случае, доходит до собирания, человек же производит; он создает такие жизненные средства (в широчайшем смысле этого слова), которые природа без него не произвела бы», и «это делает невозможным всякое перенесение, без существенных оговорок, законов жизни животных обществ на человеческое общество»[1].

Здесь мы находим основополагающие мысли для подлинно научного понимания истории возникновения человека.

И еще одна мысль, ставшая особенно очевидной в результате достижений науки за последние годы: становление человека — это процесс значительно более долгий и более сложный, чем представляли себе еще сравнительно недавно даже ученые-специалисты. Все более ясным становится, что эволюция мироздания вообще и предыстория человека в частности — не некая прямая линия, соединяющая пункт А с пунктом Б. Заслуживают внимания, например, доводы тех ученых, которые полагают, что развитие предков человека с самого начала шло как бы несколькими ветвями, что должны были существовать не один, а различные виды не только непосредственных предшественников человека разумного, но и более ранних предков. Виды родственные нередко длительное время сосуществовали один с другим и конкурировали между собой. В борьбе за существование одни погибали, выжившие становились предшественниками новых видов. И это в высокой степени правдоподобно. В самом деле, много ли шансов было бы у человека стать человеком, если с самого начала существовал бы только один вид нашего далекого предка, подверженный всем превратностям судьбы, только одна его линия, то и дело грозившая оборваться?

Новейшие научные исследования и находки подтверждают то, что теоретически было установлено много раньше: человек возник в ходе и в результате длительного развития трудовой деятельности. Представляется, что решающим для ответа на вопрос о том, кого же из известных ныне ископаемых человекообразных существ можно от-

---

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20, с. 352.

нести к древнейшим людям (а вопрос этот продолжает оставаться дискуссионным), видимо, все-таки следует считать то обстоятельство, каким образом изготавливались орудия труда, употреблявшиеся предками человека.

Подчеркиваем: имеются в виду не вообще орудия, а только орудия труда, изготовленные путем обработки одного предмета другим. Потому что просто орудия — это тоже установлено сейчас с достаточной степенью достоверности — употребляют, приспособляя для своих целей различные предметы, к примеру шимпанзе.

Наукой доказано: передвижение на двух ногах, перестройка стопы, высвобождение руки имели самое непосредственное отношение к эволюции мозга — если говорить о чисто биологических факторах. А далее решающую роль играют орудия труда — сам по себе уже не биологический, а материальный фактор, которому, однако, дано было осуществить переход от животного к человеку.

По современным научным представлениям — на этом сходятся едва ли не все исследователи,— именно с систематического изготовления орудий труда, с их осознанного и необходимого для жизни применения начался тот принципиально новый этап пути, который привел нашего обезьяноподобного предка к рождению человека, человеческого общества, к вершинам современной культуры.

Из эпохи в эпоху тянулась линия жизни. Ей сопутствовало немало удивительных превращений и немало превратностей. От существ, затерянных во мгле миллионолетий, человек получил форму тела и его устройства, выработавшиеся в ходе многообразных и противоречивых изменений от простого к сложному. Как напоминание, как память о нашем генеалогическом древе, о наших дальних, зачастую очень непохожих на нас предках, организм современного человека сохранил больше сотни так называемых рудиментарных, остаточных, не нужных ему больше в изменившихся условиях органов.

Выдающийся русский ученый И. И. Мечников в своих «Этюдах о природе человека» насчитал 107 рудиментарных органов. Среди них — остаток хвоста (копчиковые кости), червеобразный отросток слепой кишки (аппендикс), ушные мускулы, тринадцатая пара ребер и другие. Кроме того, семнадцать органов он называл «упадочными», регрессивными, неспособными полностью выполнять свои прежние физиологические функции: пальцы ног,

слепая кишка, одиннадцатая и двенадцатая пара ребер и т. д. Зато мы получили основное наше богатство — те пятнадцать прогрессивных органов, которые развиты у нас гораздо лучше, чем у обезьян, в том числе и у наших обезьяноподобных предков: нижние конечности, хорошо приспособленные к вертикальному положению тела и к продолжительной ходьбе; развитый в ширину таз; изгиб поясничной части позвоночника, позволяющий хорошо маневрирвать туловищем; подвижные мускулы лица и разработанные речевые мускулы гортани — неоценимое подспорье при обмене информацией мимикой и словом; а главное — более совершенные головной мозг, спинной мозг, центральную нервную систему, значение чего в становлении вида Человека Разумного трудно переоценить.

НОВЫЕ СТРАНИЦЫ НАШЕЙ РОДОСЛОВНОЙ

Двести лет назад вряд ли кто-либо серьезно сомневался, что все растения и животные на Земле, в том числе и человек, с самого момента своего появления на нашей планете существовали в том самом виде, в каком мы их видим сейчас. Или, в представлении людей тех времен, «с сотворения мира». Спорили о том, когда и как возник мир. Наиболее смелые умы ставили под сомнение религиозные догмы о том, будто он был «сотворен» всего несколько тысячелетий назад (и наука предъявляла одно доказательство за другим, что история Земли и всего сущего на ней уходит в глубь времен не на тысячи, а скорее на миллионы лет — о миллиардах тогда никто и помышлять не мог). Но даже сама мысль, что из одного вида растения может со временем «произрасти» совершенно иное,— и уж тем более о подобном «превращении» живого существа — казалась противоречащей тому самому «здравому смыслу», который нас так часто подводит.

Но вот благодаря трудам Чарлза Дарвина произошло сенсационное открытие, потрясшее в свое время все умы: оказывается, все живое на Земле не только могло, но и должно было видоизменяться на протяжении многих миллионов лет, пока не появились те виды растительного и животного мира, которые мы видим в наше время. Сейчас для нас это ясно как бы само собой — в школе

«проходили»! Но нельзя забывать о том, что в прошлом веке это было, по меньшей мере, неясно даже для многих ученых, не говоря уже о школьниках. И даже сегодня на Западе находятся мракобесы, которые все еще требуют, как и в прошлом веке, категорически запретить изложение учения Дарвина в школах, отказаться от «еретической» мысли о том, будто у человека могли быть какие-то весьма непохожие на него предшественники.

На протяжении нескольких десятилетий второй половины прошлого века идея развития эволюции всего живого на Земле от одного вида к другому постепенно пробивала себе дорогу. Да, очень похоже на то, что в начале родословной человека стояла обезьяна, а еще раньше, возможно, и какие-то и того менее похожие на нас с вами животные. Но каким образом обезьяна «превратилась» в человека? На этот счет долгое время существовали лишь догадки.

Десятилетие за десятилетием приносили все новые и новые открытия следов первобытного человека. Но все же человека, а не «предчеловека»! Лишь в 1892 году — меньше ста лет назад! — в одном из самых живописных уголков острова Явы, в деревушке Триниль молодой голландский врач Э. Дюбуа нашел удивительной формы черепную коробку — с покатым лбом, с большим надглазничным валиком. А еще через год была найдена не менее удивительная бедренная кость этого же существа. Так вошел в историю современной науки питекантроп (в буквальном переводе с греческого — обезьяночеловек) — первый ставший известным нам предшественник человека.

Прошло еще более полувека, и многочисленные открытия позволили выстроить такое «родословное древо» человека: одним из древнейших представлялся так называемый питекантроп прямо ходящий, живший свыше полумиллиона лет назад, на него были очень похожи синантроп и гейдельбергский человек, названные так по остаткам костей, найденным в Китае и в Гейдельберге (Западная Европа), жившие менее полумиллиона лет назад; наконец, этот ряд завершали неандертальцы (название — от долины Неандерталь в Западной Европе), жившие приблизительно от 200 до 35 тысяч лет назад; они являлись непосредственными предшественниками кроманьонцев (название — от пещеры Кро-Маньон в Западной Европе) — самой древней разновидности людей со-

временного вида, существующих по меньшей мере 40 тысяч лет.

Обезьяночеловеку предшествовали человекообезьяны: австралопитеки (австралопитек — буквально «южная обезьяна», так как остатки ее костей были найдены в Южной Африке) и открытые позднее рамапитеки (от имени Рама, героя древнеиндийской мифологии). Первые жили более двух с половиной миллионов лет назад (по некоторым данным, даже более трех-четырех миллионов лет назад, на рубеже третичного и четвертичного периодов), вторые — приблизительно 12—8 (по некоторым данным, даже 15) миллионов лет назад. Вон куда протянулась родословная человека! Казалось, картина более или менее ясная.

Но вот в 50—70-х годах нашего века началась череда новых сенсационных открытий. На помощь ученым пришли методы определения так называемого радиологического (его называют также изотопным или абсолютным) возраста минералов и горных пород, а также различных остатков органического происхождения — в том числе ископаемых костей — по накоплению в них продуктов распада радиоактивных элементов. Это позволило датировать находки с относительно высокой степенью точности. Главное же, на переднем крае данного фронта научных открытий оказались в высокой степени самоотверженные, упорные, настойчивые, последовательные, добросовестные научные работники, потратившие годы и годы — нередко всю свою жизнь — добыванию буквально по крохам новых и новых фактов. В частности, открытия 50—70-х годов, о которых идет речь, связаны в значительной мере с именами выдающегося английского ученого Луиса Лики и его жены Мэри Лики.

И казалось бы, завершенная картина существенно изменилась. Процесс «очеловечивания» обезьяны предстал гораздо более длительным во времени и, что еще важнее, гораздо более сложным по своему характеру. Выяснилось, в частности, что у рамапитека предположительно были собственные предшественники — египтопитеки, а у тех, в свою очередь,— пондаунгские приматы, жившие 40 миллионов лет назад. С другой стороны, факты заставили «расширить» время существования австралопитеков, причем определилось несколько родов и видов последних (в частности, открытый Л. Лики гомо хабилис — человек

умеющий). Определилось также несколько видов питекантропов, существовавших какое-то время наряду друг с другом несколько сот тысяч лет (возможно, еще 300—200 тысяч лет назад).

Как видим, предшественники человека идут отнюдь не прямолинейной чередой друг за другом. Различные виды длительное время — сотни тысяч лет! — судя по всему, сосуществуют один с другим.

В итоге, по представлениям современной науки, род человеческий, в отличие от рода обезьяньего, предстал в виде следующей схемы (мы заимствуем ее из монографии В. П. Алексеева «Становление человечества» (М., 1984).

Класс — млекопитающие (человек — один из почти 3500 видов этого класса)

Семейство — гоминиды (человекообразные)

1-е подсемейство: австралопитеки

1-й род: австралопитек

2-й род: парантроп

2-е подсемейство: собственно люди

1-й род: питекантроп

1-й вид: питекантроп прямоходящий

2-й вид: питекантроп пекинский (синантроп)

3-й вид: питекантроп солосский

4-й вид: питекантроп ликский (в честь Л. Лики)

5-й вид: питекантроп рудольфский[1]

6-й вид: питекантроп гейдельбергский

2-й род: человек

1-й вид: человек неандертальский

2-й вид: человек разумный.

Такова схема на сегодняшний день.

Она заслуживает внимания и уважения, потому что в ее основе — самоотверженные многолетние исследования очень знающих людей, сумевших добиться весомых конкретных результатов. Но именно потому, что в основе данной схемы лежат научные исследования — а они продолжаются,— логично ожидать новых открытий. Чтобы лучше понять, как менялась обрисованная картина и в каких направлениях детали ее могут меняться в будущем, надо хотя бы немного остановиться на научной сути тех познаний, которые были получены.

---

[1] Л. Лики называл его зинджантроп (от древнеарабского названия Восточной Африки — Зиндж).

ПОЧЕМУ ГОМО СТАЛ САПИЕНС?

Попытаться воссоздать по отдельным частям скелета или черепа облик бывшего живого существа — задача вообще не из легких. Еще труднее, если эти «останки» пролежали в сильно разрушенном виде десятки и сотни тысяч, а порой и миллионы лет где-нибудь в отложениях горных пород, пребывая жертвой всеуничтожающего тления. И тем не менее подвижники науки достигли поразительных успехов в решении этой задачи.

Три предмета исследования выступают в данном отношении на первый план.

Во-первых, особенности скелета. Каким образом обезьяна, приспособленная к передвижению по земле и к лазанью по деревьям на всех четырех конечностях, превратилась в человека, в прямо стоящее существо, приспособленное к сравнительно быстрому и длительному передвижению на задних конечностях? Мало того, с хорошо развитыми передними конечностями, справляющимися с довольно сложными видами работ? Здесь каждая деталь скелета способна «рассказать» очень и очень многое.

Во-вторых, объем черепной коробки, и следовательно мозга. Известно, что средний объем черепной коробки у человека превышает 1500 куб. см, тогда как у его предшественников он в полтора-два-три-четыре раза меньше. У австралопитеков, например, он составляет всего 400—700 куб. см, у питекантропов — до 900—1200 куб. см. Таким образом, каждая новая сотня «кубиков» — важный, хотя и не единственный показатель прогресса на пути от обезьяны к человеку.

Чтобы австралопитека с объемом мозга в 700 куб. см сменил питекантроп с объемом мозга в 900 куб. см, понадобилось, считают антропологи, больше чем миллион лет!

В-третьих, условная длина генома (совокупности генов, содержащихся в наборе хромосом данного организма). Этому фактору в последние годы придают все большее значение, потому что установлено: чем больше эта величина — тем выше уровень развития организма. И вот мы видим, как она, эта величина, постепенно увеличивается на разных стадиях перехода от обезьяны к человеку. Очень важный показатель.

В-четвертых, каменные орудия. Они способны «рас-

сказать» о своих владельцах не меньше, чем их собственный скелет и объем их черепа. Сегодня мы твердо знаем: лежащие в слоях породы рядом с остатками скелетов каменные орудия различной степени сложности и тщательности выделки свидетельствуют о важном рубеже развития разума. Совсем недавно считалось, что наши обезьяноподобные пращуры сделали шаг к овладению орудиями труда вряд ли ранее миллиона лет назад. Теоретически они должны были сделать это гораздо раньше, но наука долгое время не располагала подтверждающими эти предположения данными. Однако новые находки «отдалили» эту дату, по крайней мере, еще на полтора миллиона лет. Они показали также, что область распространения наших предшественников — от питекантропов до неандертальцев — не ограничивалась только Африкой, а охватывала также значительные территории Евразии. Но окончательное установление истинной прародины человечества предстоит сделать будущему.

Существенно расширились представления и о характере орудий предков человека, и о самой их деятельности. Выяснилось, что австралопитек, например, уверенно ходил на двух ногах, широко пользовался камнями и костями в качестве орудий, что неандертальцы находились на гораздо более высокой стадии развития, чем это представлялось ранее, и что их основным занятием было не собирательство, а охота, как у Человека Разумного. Мало того, как и гомо сапиенс, неандерталец умел строить зимние жилища, да еще не на один, а на несколько очагов — так сказать, «многоквартирные дома».

Так почему же все-таки австралопитек «породил» питекантропа, а тот, в свою очередь,— Человека Разумного?

Ключевое звено, по мнению антропологов, лежит в целенаправленном поиске промежуточных форм между жизнедеятельностью животных и поведением человека.

Мы знаем, что человека создал труд, что высвобождение рук позволило шире использовать разного рода орудия, а употребление орудий содействовало развитию мышления, а более развитое мышление давало возможность совершенствовать орудия,— таким образом, одно как бы «подталкивало» другое.

Видимо, сыграл свою роль и естественный отбор в борьбе за существование, дававший больше шансов выжить и произвести больше здорового потомства тем, кто

лучше приспособлялся к менявшейся обстановке, кто лучше овладевал искусством производить орудия и эффективно использовать их.

Однако вряд ли дело обстояло таким образом, что наши предшественники «умнели» от поколения к поколению или одно, менее искусное племя сменялось другим, более искусным.

Где же нарастающее знание и нарастающее умение перешли тот качественный рубеж, за которым открылась дорога к Человеку Разумному? Этот вопрос продолжает служить предметом дискуссий среди ученых.

Для основательного ответа на такой вопрос необходимо принять во внимание неоднократные изменения климата Земли и экологических условий, в которых на протяжении миллионов лет проходил процесс «превращения» обезьяны в человека. Может быть, даже неоднократную смену магнитных полюсов Земли. Может быть, даже то обстоятельство, что разломы земной коры в Восточной и Южной Африке около 5—3 миллионов лет назад обнажили выходы урановых руд, резко повысив тем самым радиоактивный фон окружающей среды и, следовательно, столь же резко усилив процессы видоизменений (мутаций) различных видов растительного и животного мира, в том числе, допустим, тех обезьян, которые сделались родоначальниками австралопитеков или, позднее, питекантропов.

Ученые обращают особое внимание на то, что современная наука установила закономерное уменьшение числа хромосом — элементов ядра клетки организма, в которых закодирована информация передачи наследственных признаков — от 54—78 у низших обезьян до 48 у высших человекообразных и до 46 у человека. Это дает основание для предположения, что в процессе эволюции предшественников человека происходило слияние ряда хромосом и усиление таким образом тех из них, которые определяют развитие мозга и центральной нервной системы. Число хромосом уменьшилось, а длина генома увеличилась,— может быть, здесь и находится ключ к ответу на поставленный выше вопрос? Так ли это, должны показать дальнейшие исследования.

Открытия продолжаются. Сравнительно недавно в Эфиопии были обнаружены остатки скелетов человекообразных существ, которым без малого 3 миллиона лет, а

рядом — орудия полумиллионом лет «моложе». Дискуссия среди ученых о том, к какому виду предшественников человека относить «найденышей», была в самом разгаре (она, по сути, продолжается и до настоящего времени), когда несколько позднее нашли останки еще одиннадцати древнейших существ, которые жили предположительно от 3,3 до 3,75 миллиона лет назад. Их место в родословной человека также еще предстоит определить.

Как видим, в предыстории человека рано ставить точку. Она продолжает удлиняться и усложняться, что вполне закономерно, учитывая масштабы и характер исследуемого процесса.

Через зияющие пропасти незнания еще предстоит перебрасывать мостики знания. Это неудивительно: речь идет о великих тайнах жизни, о колоссальных масштабах времени, о сотнях и тысячах поколений видоизменявшихся живых существ, о науке, которая вся — в движении.

Вместе с тем важно подчеркнуть, что каковы бы ни были будущие открытия, они вряд ли в состоянии изменить полученный таким огромным трудом вывод: человек произошел от общего с человекообразными обезьянами предка, от одной из ветвей человекообразных обезьян и случилось это на протяжении самой последней эпохи истории нашей планеты, когда облик растительного и животного мира в общих чертах был сходен с сегодняшним.

* * *

Как только поведение первобытных людей перестало быть чисто инстинктивным и начало становиться все более сознательным — стала рождаться первобытная община, началась первая стадия развития человеческого общества.

Отныне судьбу человека определяли не только атомный, космический, геологический и биологический механизмы. К ним добавился еще один — социальный.

Он заслуживает особой книги.

Вместо заключения

В этой небольшой книге мы попытались раскрыть несколько наиболее важных, по нашему мнению, страниц

предыстории окружающего нас мироздания — возникновения Вселенной, Земли, Человека.

Каждый раз, соприкасаясь с теми или иными явлениями микромира, макромира, мегамира, мы убеждались, что каждый шаг в познании научных истин порождает новые загадки, новые научные проблемы. Вывод напрашивается только один: процесс познания нескончаем.

Мы говорили об эволюционном развитии всего живого на Земле. Вершина этого процесса — человек. В настоящее время именно в его руках — судьба всех форм жизни на Земле. А в какой-то мере и судьба других планет Солнечной системы.

Могущество человека поистине беспредельно. Но его могущество — это и его ответственность.

Уберечь и упрочить мир на Земле, обеспечить сохранность природы, создать условия для дальнейшего прогрессивного развития человеческого общества, для всестороннего развития личности — вот гигантские задачи, которые лежат на нас с вами, людях сегодняшнего дня, и на наших потомках.

Когда задаются вопросом, какое направление научно-технического прогресса было бы наиболее желательным для будущих путей развития человечества, то обычно оглядываются в прошлое, чтобы увереннее заглянуть в будущее.

Заглянуть в будущее непросто. Но существует такая наука — прогностика, наука о законах и способах разработки научно-технических, социально-экономических и других прогнозов. Марксистско-ленинская прогностика опирается на прочную теоретическую базу научного коммунизма и противостоит многообразным, противоречивым концепциям современной буржуазной «науки о будущем» — футурологии.

После того как мы познакомились с далеким прошлым Земли и человечества, давайте попробуем заглянуть в обозримое будущее.

С какими проблемами придется столкнуться науке, когда завершится современный этап научно-технической революции (а это ожидается в диапазоне ближайших 15—20 лет) и когда «передний край» фронта научных исследований, преодолев проблемные ситуации, над которыми бьются сегодня ученые, столкнется с теми новыми научными проблемами, решать которые придется сидя-

щим сегодня на студенческой, а то и на школьной скамье?

Итак, сугубо предварительная «информация к размышлению» по некоторым разделам современного «переднего края» науки.

В физике после решения проблемы управляемой термоядерной реакции наверняка встанет во весь рост проблема разработки теории строения вещества с целью управляемого преобразования возможно более широкого круга элементарных веществ в другие, более ценные, путем целенаправленного воздействия на них на субмолекулярном (то есть атомном) и, может быть, даже на субатомном уровне (то есть на уровне элементарных частиц). Не менее актуальной сделается, по-видимому, задача сведения воедино наших знаний о всех физических полях и проблема разработки теории «единого поля» (включая электромагнитное, гравитационное и все другие «поля», под воздействием которых существует все живое на Земле).

По сути, это требует создания теории объединения четырех фундаментальных физических взаимодействий, о которых мы упоминали выше, в своем месте,— электромагнитного, сильного и слабого ядерного, наконец, гравитационного. В отношении первых трех решающий шаг к созданию такой теории уже сделан (за что сделавшие его удостоены Нобелевской премии). На очереди — гравитация.

Вероятно, привлекут к себе внимание ученых сравнительно малоисследованные источники энергии.

То же самое можно сказать о проблематике управления погодой и, возможно, отчасти климатом, о проблематике дальнейшего освоения Мирового океана, ближнего космического пространства, глубин Земли.

В технических науках после решения научных проблем комплексной автоматизации производства настоятельно встанут — уже встают! — проблемы комплексной компьютеризации: создание самопрограммирующихся автоматических систем, которые будут управлять предприятиями промышленности, строительства, сельского и городского хозяйства, транспорта и связи, а также информационными службами учреждений, медицинской техникой в здравоохранении, обучающей и экзаменующей автоматикой в учебных заведениях, возможно даже, некоторыми исследовательскими процессами в научных лаборатори-

ях,— и все это на основе использования электронно-вычислительной техники, системы компьютеров разного типа. Очень актуальными станут также проблемы конструирования ЭВМ энного поколения, способных быть надежными «советниками» человека, «подсказывать» ему наилучшие решения затруднительных задач по самому широкому кругу вопросов, а также проблемы создания электронных машин так называемого «искусственного интеллекта», в идеале — самоорганизующихся и самопрограммирующихся машин («кибернетических организмов»).

Безусловно, большое внимание привлечет к себе развитие телевидения нового типа — с голографическим эффектом («стереокино на дому»!), с телепроекцией текстов из электронных хранилищ информации («телегазета», «тележурнал», «телекнига» на дому!), с видеофоном обратной связи (можно «увидеться» с другом, живущим в любом городе, не выходя из дома!). По предварительным оценкам некоторых специалистов, ТВ нового типа, вместе с персональным компьютером, способны внести в жизнь человека гораздо более существенные изменения, чем все машины, приборы, аппараты и механизмы, с древнейших времен до наших дней, вместе взятые. Впрочем, вы, наверное, и сами придете к такому же выводу, если обстоятельно поразмыслите над возможностями персонального компьютера и «чудо-телевизора» XXI века.

В химии после решения научных проблем производства синтетических материалов с заранее заданными свойствами на органическом сырье (уголь, нефть, газ, древесина, торф) станет актуальной проблема производства подобного рода материалов на неорганическом сырье (горные породы, морская вода, азот воздуха).

В биологии по линии сельскохозяйственных наук, наряду с традиционными задачами повышения продуктивности земледелия и животноводства, станут актуальными проблемы производства синтетических добавок в удобрения для выращивания полезных растений, в корм домашних животных и в пищу человека.

В медицине ученые встанут перед задачами управления развитием физического и психического облика человека в целях его гармонического развития.

В области общественных наук станет еще более актуальной, чем сегодня, проблематика наиболее органичного и рационального соотнесения экономики и экологии.

Иными словами: как те или другие решения в области экономики скажутся на состоянии окружающей природной среды.

Очень актуальной, по нашему мнению, станет проблема возможно более полной «безотходности» производства и потребления, а также проблема выработки научных рекомендаций по достижению возможно более скорой стабилизации роста населения Земли.

В философии и социологии на первый план выйдут поиски ориентиров дальнейшего развития научно-технического прогресса общества и всестороннего совершенствования личности.

Сохранят свою актуальность научные проблемы предотвращения войн, упрочения мирного сосуществования государств с различным общественным строем. Наконец, станет еще более насущной научная проблема скорейшего преодоления языковых барьеров между народами мира на базе синхронного автоматического машинного перевода.

* * *

Наконец, пожалуй, самый кардинальный для науки XXI века вопрос: переход на качественно новые пути развития земной цивилизации, или, что то же самое, переход к цивилизации качественно нового типа.

Дело в том, что существующие пути научно-технического прогресса имеют определенные пределы, которые решительно дадут о себе знать уже в самые ближайшие десятилетия. Мы не говорим уже о том, что, при существующем положении вещей, в этой обозримой перспективе окажутся необратимыми — то есть катастрофическими — масштабы загрязнения окружающей природной среды во многих странах мира, а значит, и в мире в целом. Без выноса энергоемких и материалоемких производств за пределы земной атмосферы, в околоземное космическое пространство, трудно представить себе современные пути развития научно-технического прогресса в грядущем столетии. Но даже при современных темпах развития, по расчетам советского ученого Н. С. Кардашева, через 1500 лет мощность потребляемой человечеством энергии должна превзойти мощность излучения Галактики, потребление вещества через 2000 лет составит по массе более десяти миллионов галактик, а объем информации в битах тогда

же превысит число атомов в Метагалактике, то есть ее принципиально будет невозможно ни запомнить, ни освоить.

Нельзя забывать, что развивающиеся страны Азии, Африки, Латинской Америки, по сути, еще только-только начинают приобщаться к научно-техническому прогрессу в его современных формах. А это — три четверти населения мира сегодня и девять десятых — в XXI веке. Значит, в грядущем столетии, при существующем положении вещей, производство и потребление энергии, материалов, информации сразу резко увеличится гигантским скачком и поставит человечество перед сложнейшими проблемами дальнейшего существования земной цивилизации.

Решение подобного рода проблем видится в переходе к такому типу цивилизации, когда полноценное развитие общества не потребует такого стремительного, как сейчас, роста производства и потребления энергии, материалов, информации. Собственно, на это нацеливает нас концепция ускорения научно-технического прогресса и социально-экономического развития общества, разработанная на XXVII съезде КПСС. Но речь идет о том, чтобы переход к цивилизации нового типа произошел не только в нашей стране — во всем мире.

Как конкретно? Наука XX века пока еще не знает детально обоснованного ответа на этот вопрос. Наука XXI века должна знать обязательно — во имя существования человечества.

Мы затронули далеко не все актуальные проблемы науки XXI века (даже только первой его четверти). Да это и вряд ли возможно в принципе: научные открытия — на то и открытия, что открывают перед нами неведомое ранее. Подчеркнем лишь еще раз, что проблема создания наилучших условий для существования рода гомо сапиенс, для всестороннего развития личности, физически совершенной, духовно богатой и морально чистой, станет основной заботой человечества.

Ясно, что решать научные проблемы такой огромной сложности можно лишь на основе очень высокого уровня научного знания. В том числе знания основных закономерностей строения нашего мироздания, о которых шла речь в этой книге.

Успехов вам, выдающиеся ученые XXI века! Тем, кто сегодня сидит на школьной скамье.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Прочитана книга И. В. Бестужева-Лады «У истоков мироздания» и перевернута ее последняя страница. И сразу в воображении читателя возникают многочисленные образы объектов, описанных в книге, начиная от мельчайших элементарных частиц (например, электрона и др.), невидимых даже в самые сильные из существующих электронных микроскопов, и кончая грандиозными звездными и галактическими системами, величие которых не в состоянии охватить даже наиболее совершенные из современных телескопов. А между ними, в окружающем нас мире, расположены объекты живой природы с миллионами разнообразных видов животного и растительного мира. В их числе и мы сами, то есть homo sapiens (Человек Разумный).

Одним словом, перед нами все многообразие микро-, макро- и мегамира. Невольно на ум приходят вопросы: что же объединяет между собой столь разнообразные объекты окружающего нас мира, что у них общего? Ответ прост: все они представляют собой объекты материального мира, в их основе лежит вечно движущаяся и совершенствующаяся материя, которая, по образному выражению В. И. Ленина, представляет собой «объективную реальность, познаваемую нами в ощущениях».

Однако, чтобы прийти к столь важному выводу о единстве и материальности окружающего нас мира, потребовались многие столетия борьбы, подчас не на жизнь, а на смерть, между учеными-материалистами и учеными-идеалистами. Вспомним, например, Джордано Бруно, которого церковники сожгли на костре за его материалистические представления.

Все вышесказанное не означает, конечно, что и сегодня, когда налицо триумф материалистического мировоззрения в мире, а марксистско-ленинское учение, в основе которого лежит диалектический материализм, составляет основу уже практической деятельности не только КПСС, но, можно сказать, всего прогрессивного человечества, прекратилась борьба идей. Никоим образом! Только сегодня она приняла другую, более изощренную форму. Теперь центр этой борьбы сместился в сторону доказательств единства или противоположности живой и неживой материи. И это хорошо понимают также реакционеры всех мастей, в том числе и церковники.

В своей философской работе «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленин указывал на необходимость «исследовать, каким образом связывается материя, якобы не ощущающая вовсе, с материей, из тех же атомов (или электронов) составленной и в то же время обладающей ясно выраженной способностью ощущения»[1].

Так вот, исследованием такой связи и занимается новая наука — синергетика, возникшая на стыке физики, биологии и кибернетики.

Здесь уместно будет указать еще на одну особенность всего того, что нас окружает. Так как материя находится в непрерывном движении и совершенствовании, что является, как говорят философы, внутренне присущим ей свойством, то следует признать, что и материальный мир находится в непрерывном движении и совершенствовании.

Теперь эта истина известна многим, а ведь было время, когда весь окружающий нас мир считался застывшим, неизменным и, как говорили церковники, остающимся таким, каким сотворил его господь бог.

Движение материи наблюдается на всех уровнях развития, начиная с элементарных форм и кончая Вселенной в целом.

Наука также находится в постоянном развитии и совершенствовании.

В результате синтеза существующих наук возникают новые самостоятельные науки — биохимия, астрофизика, геофизика.

Можно считать, что синергетика — яркий пример такой синтетической науки.

---

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. XVIII, с. 40.

Синергетика, в числе прочих, оперирует понятиями системы и структуры. Система — это совокупность органически связанных между собой материальных тел (частиц газа, атомов в твердом теле и т. п.), имеющих четко выраженную границу (говорят — отграниченных от окружающей среды). Например, в качестве систем могут рассматриваться некоторый объем газа, помещенный в сосуд, живой организм и многое другое. Система может быть открытой, то есть обменивающейся с окружающей средой веществом и энергией, и закрытой, то есть полностью от нее изолированной.

Структура — закономерное расположение материальных тел (атомов, молекул), образующих систему. Отсутствие структуры (хаос) — беспорядочное расположение материальных тел внутри системы (например, броуновское движение в газе и жидкости).

Синергетика изучает процессы самоорганизации материи, то есть зарождение и развитие упорядоченных структур в первоначально беспорядочной среде. В образовании этих структур главную роль играет коллективное, взаимосвязанное поведение элементов сложной системы в условиях, удаленных от равновесных. (Отсюда и название науки, происходящее от греческого «синéрго» — совместное действие.) Возникновение порядка из беспорядка (хаоса), которое изучает синергетика, играет в разнообразных природных процессах (химических, физических, биологических) очень важную роль.

Появление синергетики связывают с именем западногерманского ученого Г. Хакена.

Как известно, наука развивалась в противоборстве идей. Начиная с весьма древних, античных времен шла борьба между материалистическими и идеалистическими взглядами на окружающий мир.

Уже тогда были сформулированы сложнейшие философские проблемы, обусловленные стремлением человека осознать свое место в мире.

Конечно, философы античных времен не обладали еще знаниями современных ученых, но их ощущение целостной картины мироздания было удивительным озарением разума.

В основе такого ощущения лежало единство Космоса и Человека — неживой и живой материи,— состоящих из одних и те же атомов, о которых древние были хорошо

осведомлены. Так, например, древнегреческий философ Эпикур и представители его школы это единство обусловливали характером движений атомов в пространстве.

Однако в средние века религиозные представления о божественном начале и загробном продолжении жизни вытеснили рациональные представления.

Просветление наступило лишь в эпоху Возрождения, когда в искусстве и ремесле возродились идеи сходства живой и неживой материи (механические игрушки).

Однако в науке вплоть до конца 19-го столетия идея о единстве Космоса и живой материи была забыта или даже отвергалась учеными.

Надолго господствующим в представлениях о живой природе становится витализм, уходящий своими корнями в учение древнегреческого философа Аристотеля об «энтелехии» — созидающей силе, якобы заключенной только в живых организмах, что, по существу, воздвигает между живым и неживым непреодолимую грань.

Внимание естествоиспытателей в этот период было сосредоточено на изучении деталей картины мира, классификации, описании и систематизации видов живой материи. При этом из-за сложности рассматриваемых явлений утрачивалась связь между ними.

Интенсивное развитие механики и представление о силе как результате внешнего действия тел друг на друга подталкивали к дроблению цельных представлений о движении материи. Понятие силы исключало возможность понимания самодвижения материи и объяснения мира из него самого. Это приводило к явным потерям в глубине философских представлений по отношению к представлениям античных философов-материалистов.

В середине прошлого века почти одновременно были сформулированы две разные эволюционные идеи: второе начало термодинамики, известное как принцип Клаузиуса — Карно, и эволюционная идея Ч. Дарвина.

Смысл первой идеи заключается в том, что она говорит о непрерывной дезорганизации и разрушении первоначально заданной структуры в любой закрытой системе. Вторая идея суммирует наши знания о развитии жизни, живого и указывает на усложнение организации, на непрерывное возрастание сложности структуры отдельных живых организмов в процессе эволюции и на появление все новых и новых видов.

Эти две эволюционные идеи были как будто бы прямо противоположны друг другу. Поэтому казалось, что эволюция живой природы осуществлялась как бы вне физических законов.

На самом деле обе они имеют глубокий смысл и лишь отражают разные стороны объективной реальности.

Фактически дело заключается в том, что, с точки зрения термодинамики, все процессы в закрытых системах идут в сторону возрастания теплового равновесия и усиления равномерного распределения вещества, что способствует хаосу. Например, если смешать две разные жидкости, то произойдет взаимное проникновение (диффузия) молекул обеих жидкостей.

Биологическая эволюция представляет собой нечто прямо противоположное: в развитии организма и в биосфере в целом происходит постоянное усложнение структуры, упорядочение всех элементов и их функций.

Это различие эволюции неживой и живой природы порождало ощущение того, что живые организмы развиваются как бы вопреки второму началу термодинамики.

Все это сильно озадачивало ученых и заводило их в тупик.

Забегая вперед, можно указать на то, что идеи, развиваемые синергетикой, дают возможность понять, что существует только один тип физических законов, а различаются между собой только термодинамические условия, определяемые удаленностью от состояния равновесия.

Так вот, все живые организмы, в том числе и мы с вами, представляют собой открытые сильно неравновесные системы. И в этом суть кажущихся разногласий. Но подробнее об этом ниже.

Уже в начале нашего столетия ученые сумели преодолеть внутренний кризис в физике,— и хотя логическая стройность классической физики И. Ньютона была разрушена М. Планком, который ввел понятие кванта (порции) энергии излучения, к картине мира присоединился удивительный по своим необычным свойствам микромир квантовых явлений.

Квантовая теория дала детальное представление об атоме, дала возможность рассчитать свойства неорганических молекул, однако свойства биополимерных молекул, из которых построено живое вещество, предсказать с помощью квантовой механики все еще не удавалось.

Физика конца 19-го и начала 20-го столетия открыла основные закономерности в макро- и микромире.

Два великих открытия в начале нашего века — квантовая механика (М. Планк, И. Гейзенберг и другие ученые) и теория относительности (А. Эйнштейн) — привели к тому, что принято теперь называть революцией в физике. Смысл этих открытий заключался не только в том, что они уточнили классическую физику, но также и в том, что они изменили мировоззрение ученых, изменили их взгляды на все естествознание.

Постепенно начала возникать довольно цельная картина закономерностей в неживой материи, однако живая материя по-прежнему все еще не поддавалась описанию в рамках накопленных знаний.

Более того, все еще оставалось впечатление, которое усиленно культивировалось тогдашними биологами, о том, что поведение биологических форм жизни противоречит второму началу термодинамики.

Однако многие крупные физики (А. Пуазейль, А. Майер, Г. Гельмгольц и др.), внесшие существенный вклад собственно в физику, стали работать также в области медицины и биологии. Интерес физиков к проблемам биологии постепенно стал приводить к существенным изменениям в представлениях о связи живой и неживой материи.

Так, один из создателей квантовой механики, Э. Шредингер, опубликовал в 1945 году книгу под названием «Что такое жизнь? С точки зрения физика». В этой книге им были сформулированы основные современные представления об объектах живой материи. Согласно его представлениям, объекты живой природы представляют собой открытые системы, то есть системы, обменивающиеся с окружающей средой веществом и энергией.

Структурные особенности живого организма Шредингер определяет как апериодический кристалл, то есть кристалл, состоящий из атомов и молекул, расположение которых не имеет правильной пространственной периодичности, подобной структуре неорганических кристаллических тел.

Шредингер объясняет основную особенность живой материи, заключающуюся в ее способности противостоять нарастанию хаоса, тем, что продукты отходов их жизнедеятельности всегда менее организованы, чем исходные продукты питания. Энергия, выделяемая при разрушении

продуктов питания, идет на построение жизненных структур организма.

Синтез наук привел к новым представлениям о мире.

Особо следует отметить создание кибернетики, науки, изучающей общие законы управления в живых организмах и неживых технических устройствах (машинах), что связано с именами Н. Винера, Дж. фон Неймана и других ученых.

Кибернетика выдвинула ряд общих методологических проблем, и в частности проблему о соотношении между разумом человека и искусственным «интеллектом», а также сущности того, что называется живой материей. На этом этапе наука вновь подошла к осознанию факта единства живой и неживой природы.

Единая картина мира, интуитивно постигнутая античными учеными и разрушенная в средние века на стадии специализации наук, стала восстанавливаться на новом, более высоком научном уровне.

Дальнейшее изучение термодинамики открытых систем, применительно к биологии, сложилось в новую синтетическую науку, названную неравновесной термодинамикой. Ее создатель — бельгийский ученый русского происхождения Илья Пригожин, лауреат Нобелевской премии.

Идеи неравновесной термодинамики послужили основой для создания синергетики.

Синергетика изучает механизмы и закономерности самоорганизации в живой и неживой природе. Самоорганизация и самодвижение являются, как говорилось выше, внутренне органически присущими свойствами самой материи, как таковой.

Долгое время понятие самоорганизации связывалось только с живыми объектами или с техническими системами, построенными человеком. Открытие явления самоорганизации в неживой природе позволило по-новому взглянуть на многие процессы, происходящие в неорганическом мире, и рассмотреть вопрос о переходе от неживого к живому.

Понятия, связанные с самоорганизацией, проливают новый свет на процессы развития и усложнения материи, ее эволюцию.

Явления самоорганизации встречаются на всех уровнях эволюции материи, начиная от субатомных объектов

(элементарные частицы, ядра атомов) и кончая галактическими системами, и, по-видимому, всей Вселенной в целом, как таковой.

Прочно утвердилась космологическая теория Большого Взрыва, события, которое произошло 15—20 миллиардов лет тому назад, когда наша Вселенная начала развиваться из ничтожного по своим размерам образования, равного размеру электрона, и достигла в настоящее время столь фантастических размеров.

В космологии происходит как бы смыкание свойств микро- и макромира, мира элементарных частиц и Вселенной...

В химии известны такие самоорганизующиеся реакции, названные по имени лауреатов Ленинской премии Белоусова и Жаботинского, которые создают характерные различные сменяющие друг друга цветные структуры. Образующиеся при этом продукты колебательных химических реакций служат катализаторами новых стадий реакций, поддерживают или ускоряют их протекание.

Подобные самоподдерживающиеся автокаталитические реакции играют важную роль и в биологических процессах.

Возможно, они были решающими при переходе от самоорганизующихся неорганических систем к самоорганизующимся живым системам.

В качестве других примеров возникновения подобных неравновесных структур можно привести так называемые ячейки Бенара — упорядоченные пространственные структуры в слое кипящей жидкости, появление узоров на поверхности горячего чая, образование вихрей при обтекании жидкостями цилиндрических тел. Явления самоорганизации наблюдаются при синтезе биополимеров (белок, ДНК), распространении импульсов по нервным волокнам, в процессах горения, при излучении лазера, при эволюции галактик, в сверхпроводниках, в поведении колоний микроорганизмов и в других процессах и явлениях.

Возникающие в таких неравновесных условиях структуры И. Пригожин предложил называть «диссипативными», то есть существующими в предельных условиях.

Все биологические организмы являются диссипативными структурами.

Благодаря достижениям физики, химии, биологии и

синергетики вновь возродилась на научной основе идея о единстве живой и неживой материи и общности характера их поведения и эволюции.

Химическая эволюция в космосе и биологическая эволюция на Земле рассматриваются теперь как последовательные стадии эволюции материи во Вселенной. Достигнуто понимание того, что атомы и молекулы, родившиеся после Большого Взрыва, и атомы живых организмов исторически связаны друг с другом. Образно говоря, все мы состоим из атомов давно взорвавшихся звезд.

Недавно было установлено, что эволюция материи во Вселенной на всех стадиях управляется фундаментальными физическими взаимодействиями (электромагнитными, сильными и слабыми ядерными и гравитационными) и тем самым доказывается связь между эволюцией материи и фундаментальной физикой.

Кандидат технических наук М. Нусинов

ОГЛАВЛЕНИЕ

* * *

Для старшего возраста

Игорь Васильевич Бестужев-Лада

У ИСТОКОВ МИРОЗДАНИЯ

Ответственный редактор *В. С. Мальт*
Художественный редактор *М. Д. Суховцева*
Технический редактор *И. П. Савенкова*
Корректоры *Т. В. Беспалая, Г. Ю. Жильцова*

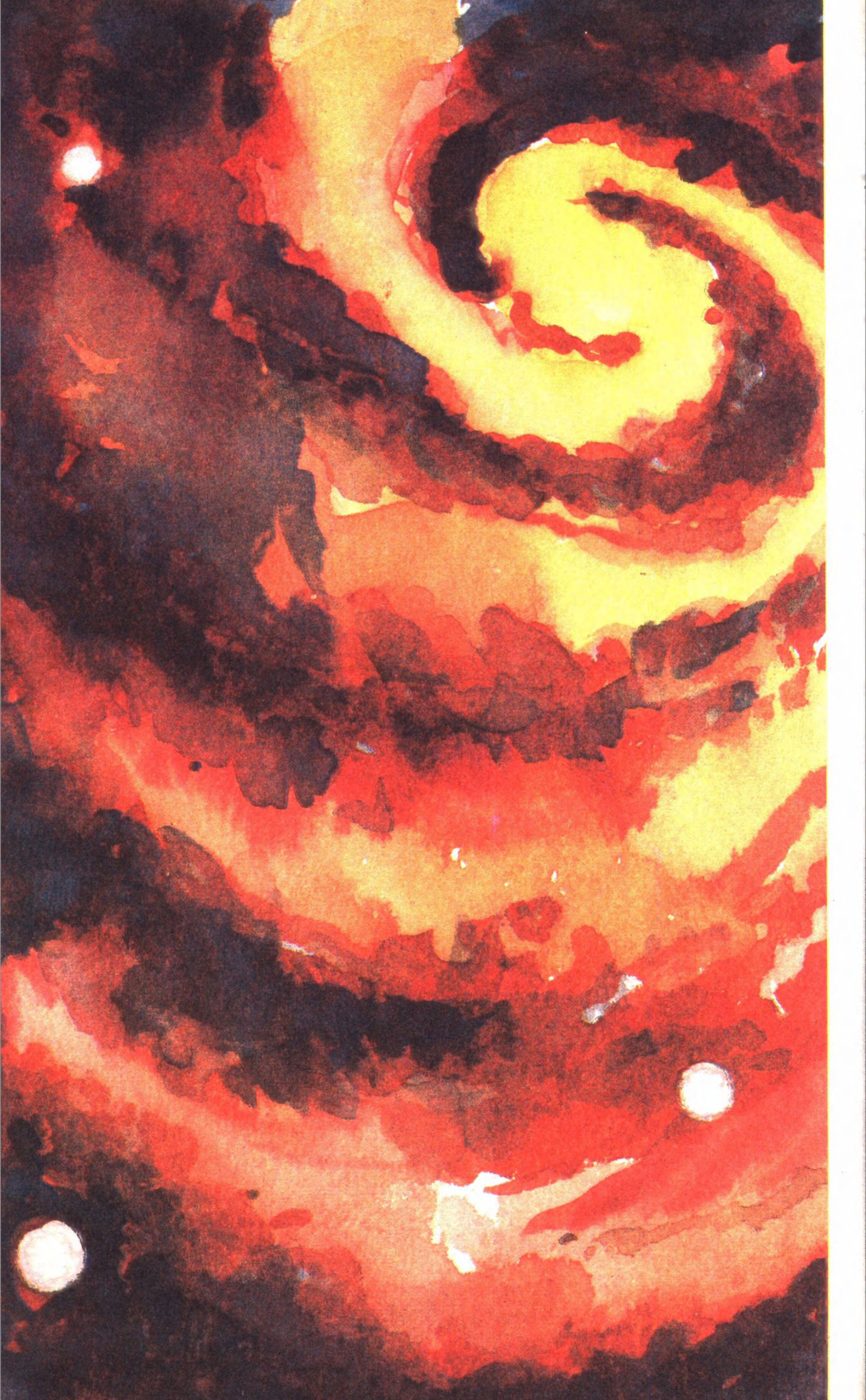
ИБ № 6908

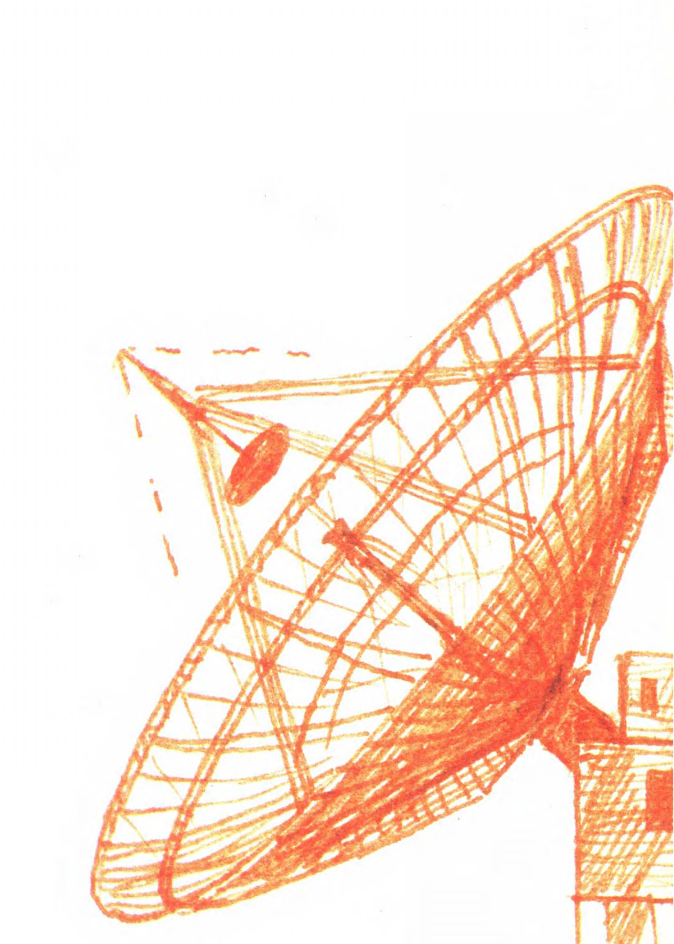
Сдано в набор 16.01.87. Подписано к печати 18.06.87. А05511. Формат $84 \times 108^{1}/_{32}$. Бум. кн.-журн. № 2. Шрифт обыкновенный. Печать высокая. Усл. печ. л. 10,08. Усл. кр.-отт. 11,34. Уч.-изд. л. 9,93. Тираж 100 000 экз. Заказ № 5149. Цена 60 коп.

Орденов Трудового Красного Знамени и Дружбы народов издательство «Детская литература» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 103720, Москва, Центр, М. Черкасский пер., 1.

Ордена Трудового Красного Знамени ПО «Детская книга» Росглавполиграфпрома Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 127018, Москва, Сущевский вал, 49.

Отпечатано с фотополимерных форм «Целлофот»





60 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»